

Quelques notions de fertilisation



CDAQ

CONSEIL POUR
LE DÉVELOPPEMENT DE
L'AGRICULTURE DU QUÉBEC



Ministère de
l'Agriculture, des Pêches
et des Ressources Aquatiques

Ministry of
Agriculture and
Agri-Food Canada

Canada

La fertilisation : un sujet toujours d'actualité

C'est en 1997 que la première édition de « Quelques notions de fertilisation » a été imprimée. Populaire auprès de la clientèle agricole, ce document a rapidement été épuisé.

Devant les demandes répétées pour des exemplaires additionnels, le Comité de sensibilisation du Programme agroenvironnemental du Conseil pour le développement de l'agriculture du Québec a convenu de l'importance de combler ce besoin. Voici donc la deuxième édition de ce document, un outil toujours fidèle à sa mission de vulgarisation et bonifié par l'intégration de considérations agroenvironnementales, réglementaires et économiques auxquelles les producteurs sont confrontés lorsqu'ils abordent la délicate question de la fertilisation.

L'auteur, Michel Tessier, détient une maîtrise en malherbologie et est formateur en agriculture auprès des producteurs depuis plus de 10 ans. Ses champs d'expertises sont liés à la fertilisation, la gestion des fumiers et des pesticides.

Une version électronique est disponible sur le site Internet du CDAQ : www.cdaq.qc.ca



Juin 2005



Table des matières

Les besoins essentiels d'une plante - 9

Le sol - 10

Texture - 10

Structure - 11

Un milieu vivant - 13

Un réservoir dynamique - 14

La chaux : facteur de rendement - 16

Matière organique : source de fertilité - 18

Les engrais de ferme : une ressource à valoriser - 20

Y a-t-il un fumier meilleur qu'un autre? - 21

Qu'y a-t-il dans votre fumier? Dans votre fosse? - 22

Comprendre son analyse - 23

Les engrais de ferme, du pareil au même? - 25

L'or brun! - 26

Les engrais verts dans la rotation - 27

Les engrais minéraux - 28

Unités fertilisantes - 29

Le plan de fertilisation - 30

Les besoins - 31

Les apports - 32

La recherche de l'équilibre - 34

L'importance des bilans - 34

Les déséquilibres - 36

L'azote - 36

Nitrates et eau potable - 36

Le phosphore - 37

Le potassium - 38

Les formes de pollution associées aux éléments fertilisants - 39

Objectif : perte minimal, disponibilité maximale - 41

Garder ses distances - 43

La fertilisation des cultures - 44

1. Meilleurs rendements à meilleurs coûts - 44

2. Valoriser les ressources de la ferme d'abord - 45

3. Réduire les impacts sur l'environnement - 46

Les références - 47

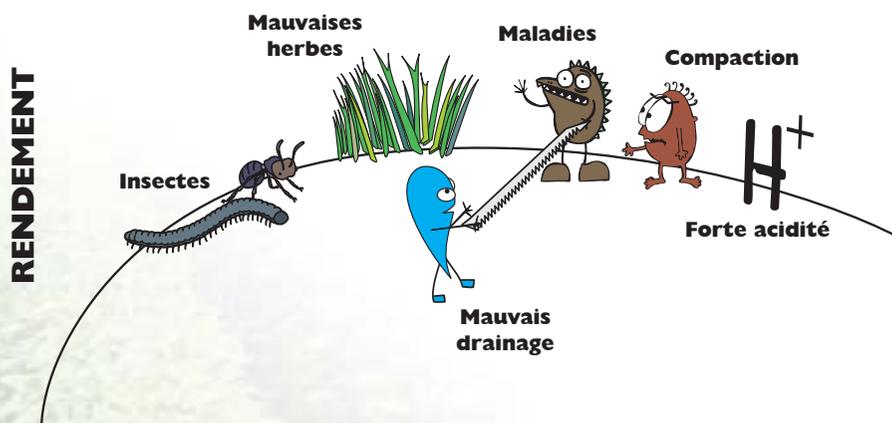


Quelques notions de FERTILISATION

Pour assurer la rentabilité des champs, il faut obtenir non seulement de bons rendements des cultures ensemencées, mais surtout des résultats financiers positifs. L'atteinte de cet objectif passe par la recherche d'un équilibre entre les besoins en éléments nutritifs des cultures et les apports en fertilisants de toute provenance, en tenant compte du niveau de richesse du sol, de la rotation des cultures, des pratiques culturales, de la protection des cultures et de la zone climatique. Cette brochure propose un tour d'horizon des principaux facteurs à considérer dans la fertilisation des cultures.

Dame Nature a toujours le dernier mot

Les rendements varient d'une saison à l'autre : printemps froid, été sec, mauvaise répartition de la pluviométrie, gel tardif ou hâtif, accumulation des unités thermiques, toutes des conditions déterminantes pour les rendements. Plusieurs autres facteurs agronomiques ont également une influence sur les rendements : le choix des cultivars et des hybrides ensemencés, le travail de préparation du sol, la date des semis, la rotation des cultures, la compaction, le drainage et la gestion des mauvaises herbes, insectes et maladies. La fertilisation constitue un élément à considérer parmi tant d'autres.





Les besoins essentiels d'une plante

Comme tout organisme vivant, une plante a besoin d'air, d'eau et de nutriments. Dans l'air, les feuilles puisent le dioxyde de carbone et dans le sol, les racines absorbent l'oxygène et l'eau. Même s'ils représentent un faible pourcentage du poids d'une plante, les éléments minéraux sont essentiels aux végétaux pour compléter leur cycle de croissance. L'eau du sol véhicule les minéraux vers les racines. C'est pourquoi, à la base, une plante nécessite un **sol fertile** pour atteindre son potentiel optimal.

UNE PLANTE : DE L'AIR ET DE L'EAU...

Composée d'environ 85 % d'eau et de 15 % de matière sèche, une plante contient peu de minéraux.

La matière sèche est constituée de fibres, de sucres et de protéines. Le carbone, l'oxygène et l'hydrogène, matériaux de base de la fibre, comptent pour environ 13 % du poids total de la plante.



... ET DES MINÉRAUX

L'azote, le phosphore, le potassium, le calcium, le magnésium et le soufre constituent environ 2 % du poids de la plante et sont les éléments de base qu'elle doit trouver sous forme assimilable dans les sols pour bien se développer. Ces minéraux sont appelés éléments majeurs. Les plantes ont aussi besoin d'oligoéléments comme le bore, le fer ou le zinc. Qu'ils proviennent d'engrais de ferme ou d'engrais minéraux, les éléments essentiels aux plantes sont semblables et doivent se trouver sous la bonne forme pour être absorbés par les plantes :

- sous forme de nitrate (NO_3) ou d'ammoniac (NH_4) pour l'**azote (N)**; élément très lessivable qui ne s'accumule pas dans le sol
- sous plusieurs formes de phosphate pour le **phosphore (P ou P_2O_5)**; élément retenu par les argiles et la matière organique, cet élément peut s'accumuler dans le sol à des niveaux très élevés
- sous forme de potasse pour le **potassium (K ou K_2O)**; retenu par les argiles et la matière organique, cet élément, peu lessivable, peut s'accumuler dans le sol à des niveaux très élevés

Le sol

Le sol pourrait se définir comme la mince couche de terre où les plantes fixent leurs racines et puisent une partie de leurs nutriments. Ce qui se passe dans un sol est déterminé par ses propriétés physiques, biologiques et chimiques.

Proportion moyenne des divers constituants du sol



L'eau et l'air varient en proportion inverse : quand l'un diminue, l'autre augmente.

Texture...

Le sol est un mélange d'air, d'eau, de matière organique et de particules minérales. Les particules minérales et la matière organique donnent au sol ses deux plus importantes propriétés : la texture et la structure.

Les termes **terre jaune**, **terre forte**, **terre à patate** ou **terre franche** qualifient la **texture** d'un sol. En différentes proportions, les particules de sable, de limon et d'argile donnent au sol des textures sablonneuses en passant par les loams jusqu'aux textures argileuses. La texture détermine en partie le potentiel agricole d'un sol. Un sol lourd retient plus d'eau, il est naturellement plus riche, mais plus sensible à la compaction et plus difficile à travailler. Un sol léger se réchauffe rapidement, s'égoutte plus facilement, mais est plus sensible à la sécheresse et à l'acidification. Il n'y a donc pas de bonnes ou de mauvaises textures : il y a des potentiels agricoles différents.

... et structure

Les particules du sol s'agglutinent les unes aux autres pour former des agrégats, donnant au sol sa **structure**. Contrairement à la texture, la structure est influencée par le climat, les travaux du sol et les cultures. Également, un sol a besoin d'argile, d'humus et de calcium (qui agit comme liant entre les particules) ainsi que du travail des racines et des micro-organismes. Ensemble, ils agissent directement sur la granulation du sol.

ET VOTRE SOL, IL EST COMMENT?

C'est simple : prenez une pelle et allez voir!

- 1° Prélevez une pelletée de sol dans un endroit où le sol est légèrement humide et n'a pas encore été travaillé.
- 2° Laissez tomber cette pelletée sur une surface dure.
- 3° Observez...

Un sol bien structuré se brisera en une multitude de petits grumeaux arrondis. Un sol de mauvaise structure, lorsqu'il est humide, est collant et massif, présentant de grosses mottes angulaires. Ce sont souvent des sols argileux, pauvres en calcium et ayant une activité biologique réduite liée à une mauvaise aération.



Structure : élément clé d'un sol fertile

L'eau et l'air sont les deux éléments dont les racines et les micro-organismes du sol ont le plus besoin. La structure a un impact direct sur la productivité d'un sol puisqu'elle facilite la circulation de ces deux éléments. Préserver et entretenir la structure du sol, c'est favoriser un équilibre air-eau permettant une exploration maximale du sol par les racines. En retour, la pénétration des racines facilite la circulation de l'air et de l'eau, stimulant du coup l'activité microbienne. L'augmentation de la surface de contact entre le sol et les racines permet d'optimiser l'efficacité des engrais minéraux et des fumiers.

LES ENNEMIS DE LA STRUCTURE DU SOL

- Un travail du sol trop intensif au printemps, causant un émiettement trop fin
- La circulation de machinerie ou d'équipement lourd dans des conditions humides
- Un drainage inadéquat
- Une faible teneur en matière organique (moins de 3 %)
- Un pH trop acide

LES PRATIQUES FAVORISANT UNE MEILLEURE STRUCTURE DU SOL

- Retourner au sol de la matière organique
- Favoriser l'activité microbienne
- Chauler régulièrement
- Corriger les problèmes de drainage
- Décompacter mécaniquement si nécessaire

Un sol déstructuré est sensible à la compaction et a tendance à durcir en surface, rompant ainsi l'équilibre entre l'air et l'eau. Les cultures réagissent rapidement à une aération déficiente alors que le manque de nourriture se fera sentir à moyen terme. Très souvent, une zone de mauvais rendement dans un champ est attribuable à un mauvais égouttement. Elle est souvent reliée à la compaction du sol, à des dépressions dans les champs ou à une nappe phréatique trop haute et non pas à un manque d'engrais.

Le sol : un milieu vivant

Le sol est un milieu vivant. Un hectare de sol peut abriter jusqu'à 20 tonnes d'organismes vivants dont 3 à 5 tonnes de vers de terre, des travailleurs infatigables. Creusant d'innombrables tunnels sur une profondeur pouvant aller jusqu'à deux mètres, les vers se nourrissent de terre et de débris végétaux, pris à la surface, qu'ils entraînent en profondeur. À l'action des vers s'ajoute celle des micro-organismes qui s'alimentent de matière organique pour produire l'**humus**, une substance essentielle à la fertilité du sol.

Le cycle des minéraux

Les fumiers et les résidus de cultures enfouis, de même que l'humus du sol, contiennent des minéraux (azote, phosphore, potassium, calcium) et constituent une réserve d'éléments nutritifs.

Les bactéries et les champignons transforment les composés organiques en éléments minéraux assimilables par les racines. Ce processus biologique appelé minéralisation remet en circulation des minéraux qui combinent une partie des besoins des cultures. Par exemple, l'azote des fumiers sera minéralisé en **nitrate** et le phosphore lié à la matière organique sera minéralisé en **phosphate**, tous deux assimilables par les plantes. L'aération, l'humidité et la température du sol influencent grandement la vitesse et l'intensité des transformations microbiennes. Ces conditions sont régies par les propriétés physiques du sol : la texture, la structure et la conductivité hydraulique.



LES LABOUREURS DU SOL

Au cours de leur existence, les vers arpentent et s'alimentent à même la couche superficielle du sol. Leurs excréments, aussi appelés tortillons, sont d'excellents fertilisants.

Attention!

Ces laboureurs biologiques n'aiment pas les sols compactés, acides ou inondés. Leur présence

est un bon indicateur de la santé d'un sol.

L'argile et l'humus forment le complexe argilo-humique du sol. Ils possèdent des propriétés permettant de retenir les minéraux du sol (phosphore, potassium, magnésium) à la surface des agrégats en plus ou moins grande concentration.

DES CENTAINES DE KG D'AZOTE GRATUITS

Les légumineuses tels le soya et la luzerne ont des besoins importants en azote. Pourtant, les recommandations de fertilisation azotée sont très faibles : le soya reçoit de 20 à 30 kg d'azote à l'hectare, comparé à plus de 150 kg pour le maïs-grain. Pourquoi? Parce que les légumineuses utilisent directement l'azote de l'air. Cet avantage est dû au travail d'une bactérie du nom de *Rhizobium*, capable de transformer directement l'azote gazeux de l'air en nitrate assimilable par les plantes. Cette association fait profiter la plante de l'apport d'azote et les bactéries de la sève des végétaux. Inoculer les semences des légumineuses signifie s'assurer de la présence de *Rhizobium* et en tirer les bénéfices.

Un réservoir dynamique

Un peu à la manière d'un réservoir, le sol retient en quantité variable les minéraux essentiels aux plantes. Retenus sur les particules du sol, ces minéraux seront dissout dans l'eau. En pompant cette eau, les racines en croissance absorberont les minéraux. L'ajout d'engrais vient remplir le réservoir. Une fois dans le sol, les minéraux peuvent être :

- absorbés par les racines des plantes;
- fixés sur les argiles et l'humus pour enrichir le sol;
- entraînés avec l'eau de drainage ou lessivés en profondeur.

Rien ne se perd...

Attention : un réservoir peut déborder! Lorsque les apports en minéraux dépassent les besoins des plantes et la capacité du sol à les retenir, les surplus d'azote (nitrates) et de phosphore peuvent être entraînés dans les cours d'eau.

Connaître son réservoir

Les indispensables **analyses de sol** permettent d'évaluer la réserve minérale du sol. Celles-ci constituent un outil de base pour tout plan de fertilisation. Les analyses de sol donnent un diagnostic précis qui assurera une fertilisation optimale d'un point de vue agroenvironnemental et économique.

À quelle fréquence analyser?

- En tête de rotation et à tous les deux ans par la suite pour les grandes cultures.
- Chaque fois qu'on observe un problème de productivité ou une carence.
- Les cultures sarclées, exigeantes ou répétées au même endroit peuvent tirer davantage d'analyses annuelles.

À quelle période?

Peu importe le moment, prélever les échantillons toujours à la même période de l'année et dans des conditions d'humidité normales.

Combien d'échantillons?

Lorsque le sol est uniforme (même texture, même drainage, même topographie), pour une parcelle, prendre un seul échantillon provenant de 10 à 15 prises. S'il y a des variations, il faut échantillonner chaque type de sol. Ces variations sont marquées, notamment par une différence de couleur. Prendre séparément les échantillons de sols sableux, limoneux ou argileux. Éviter les fonds humides ou les buttes.

Comment prélever les échantillons?

À l'aide d'une sonde et d'un seau, prélever un peu de sol sur l'épaisseur du labour. Faire entre 10 et 15 prélèvements en parcourant le champ en zigzag. Enlever les racines et autres débris. Ne pas manipuler le sol avec les mains.

Si l'analyse de sol est un outil indispensable, elle ne dit pas tout...

Les observations concernant le drainage, la compaction, la structure ou les zones à problèmes sont absolument essentielles. Par exemple, un sol très riche en phosphore, mais présentant des problèmes de drainage, pourra voir sa fertilité amoindrie.

La chaux : facteur de rendement

Au Québec, les sols sont majoritairement acides. Les engrais de ferme, l'utilisation de certains engrais azotés ainsi que le prélèvement de calcium et de magnésium par les plantes contribuent à l'acidification des sols. Or, l'acidité ralentit l'activité microbienne et la décomposition de la matière organique, ce qui réduit la minéralisation.

Effets des variations de pH

Quand le pH est inférieur à 6, la disponibilité de certains minéraux bénéfiques pour les plantes (comme le phosphore) est réduite. En contrepartie, l'aluminium, toxique pour les racines, voit sa disponibilité augmenter. En sol acide, la survie des légumineuses fourragères (luzerne, trèfle) et le rendement du soya sont compromis. Le rendement du soya sera favorisé dans un sol bien pourvu en chaux : les bactéries fixatrices d'azote travaillent mieux à des pH avoisinant 6,5. La chaux est donc un facteur de rendement très important.

LE MAÏS : GRAND CONSOMMATEUR DE CHAUX

Les engrais de ferme et les engrais ammoniacaux, comme l'urée ou le 18-46-0 (DAP), acidifient le sol. Le maïs nécessite environ ½ tonne de chaux à l'hectare pour neutraliser l'acidité pendant une saison. L'apport régulier d'amendement calcaire pour corriger le pH est donc indispensable.



L'analyse de sol permet de mesurer l'acidité du sol (pH) et de déterminer la quantité de chaux à appliquer pour corriger la situation.

Quand chauler?

La chaux peut être appliquée en tout temps durant la saison, dans des situations où le sol a une bonne portance comme par exemple en mai et en juin sur du maïs en croissance, ou entre deux coupes de foin. La chaux ne brûle pas le feuillage, ne s'évapore pas et ne se lessive pas.

ÉPANDRE DE LA CHAUX POUR :

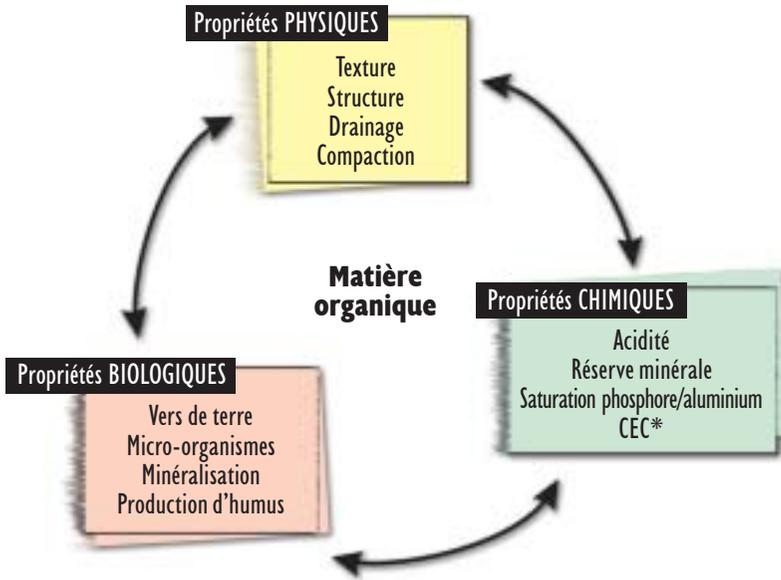
- améliorer la structure du sol, le rendre plus friable et facile à cultiver;
- prévenir l'effet toxique de certains éléments comme le manganèse et l'aluminium;
- stimuler l'activité microbienne et la minéralisation;
- favoriser l'assimilation des éléments nutritifs par les plantes;
- augmenter l'efficacité des engrais minéraux et organiques;
- fournir des conditions optimales aux légumineuses (luzerne, trèfle, soya, haricot).

POUR UN APPORT EN MAGNÉSIUM ABORDABLE

Certaines chaux agricoles contiennent du magnésium (Mg). Pour un sol à la fois acide et pauvre en magnésium (environ 100 kg de Mg/ha sur l'analyse de sol), un apport de chaux **dolomitique** ou **magnésienne** représente une source économique et efficace de magnésium assimilable.

Matière organique : source de fertilité

La matière organique est la source première de nourriture pour les vers de terre et les micro-organismes du sol. En retour, ces derniers libèrent dans le sol des minéraux assimilables par les plantes. La matière organique améliore la structure du sol, contribue à son aération et augmente sa résistance à la compaction. En agissant un peu comme une éponge, la matière organique constitue une réserve d'eau servant de véhicule à la nourriture des plantes. Enfin, la matière organique, comme l'argile, retient les éléments minéraux et limite le lessivage.



Un sol fertile repose sur l'équilibre entre ses propriétés physiques, biologiques et chimiques.

* Capacité d'échange cationique

Mieux vaut prévenir que guérir

Il est rentable de préserver la matière organique déjà présente dans le sol, puisque, graduellement, cette ressource fertilisante peut diminuer par le labour, le hersage et le sarclage annuels qui sont des pratiques qui activent la minéralisation. Si cette matière organique minéralisée est remplacée au cours de la rotation, la vie microbienne et les cultures ne s'en porteront que mieux. Les pratiques agricoles de conservation favorisant le maintien d'un couvert végétal, l'apport d'engrais de ferme riches en fibre, l'incorporation en surface de beaucoup de résidus de culture et la prévention de l'érosion permettent de maintenir et même d'augmenter la teneur en matière organique du sol. *Réparer* un sol appauvri en matière organique (moins de 3 %) est un processus très lent pouvant s'étaler sur de nombreuses années.

FAITES TRAVAILLER VOTRE MATIÈRE ORGANIQUE

Une accumulation importante de matière organique peut être un symptôme d'une faible activité biologique, reliée à un drainage déficient, à l'acidité ou à la compaction. Pour des sols qui contiennent entre 3 et 5 % de matière organique, l'objectif est plutôt de stimuler la transformation par les microorganismes. En présence de conditions propices, la matière organique fraîche (tiges de maïs, engrais vert, fumiers) et l'humus du sol seront transformés en minéraux disponibles aux plantes (processus appelé minéralisation). Le recyclage des minéraux présents dans la matière organique permet de diminuer le recours aux engrais minéraux et d'améliorer l'efficacité environnementale à la ferme. Par exemple, si le précédent cultural est une prairie enfouie à l'automne, les grilles de référence en fertilisation indiquent qu'il est possible de réduire la fertilisation azotée jusqu'à 50 kg à l'hectare.



Les engrais de ferme : une ressource à valoriser

Les engrais de ferme sont de précieux fertilisants naturels. Les bonnes pratiques d'entreposage favorisent une bonne **conservation** des éléments minéraux et une diminution des pertes dans l'environnement. Ceci constitue la première étape de la **valorisation** des fumiers et lisiers. Par la suite, il faut s'assurer de bien évaluer leur valeur fertilisante par des échantillonnages et des analyses.

Analyse et valorisation vont de pair

Bien utilisés comme fertilisants, les engrais de ferme permettront de recycler l'azote, le phosphore et le potassium en plus de fournir au sol de la matière organique. L'objectif consiste à réduire au minimum les pertes d'éléments nutritifs et à obtenir une disponibilité maximale des engrais de ferme. Pour y arriver, l'analyse chimique, les quantités appliquées, le moment d'épandage, la profondeur d'incorporation et les applications uniformes sont autant d'éléments à considérer.

Les engrais de ferme, des engrais **10 étoiles!**



La fertilité d'un sol ne se limite pas à sa richesse en phosphore ou en potassium. Comparés aux engrais chimiques, les engrais de ferme sont des engrais complets : les propriétés biologiques, physiques et chimiques du sol bénéficient des apports réguliers de fumiers. À la fois engrais et amendement, les fumiers ont des effets bénéfiques sur l'équilibre des sols.



Propriétés biologiques

- ✓ Stimule l'activité biologique
- ✓ Accroît l'humus du sol
- ✓ Favorise la décomposition des résidus de culture



Propriétés physiques

- ✓ Favorise une bonne structure du sol (protection contre l'érosion)
- ✓ Permet une meilleure aération du sol
- ✓ Aide à résister à la compaction
- ✓ Augmente la capacité de rétention de l'eau



Propriétés chimiques

- ✓ Libère de l'azote, du phosphore, du potassium, du calcium
- ✓ Fournit les oligo-éléments (zinc, cuivre, manganèse...)
- ✓ Retient les minéraux (la CEC du sol)

Y a-t-il un fumier meilleur qu'un autre?

Liquide ou solide, de vaches, de porcs ou de volailles, les engrais de ferme ont des effets bénéfiques sur la fertilité et sur l'équilibre des sols. Toutefois, le lisier de

Si tous les engrais de ferme agissent à la fois comme fertilisant et comme amendement, l'intensité de chacun de ces effets sera plus ou moins prononcée selon les types de fumiers. Valoriser efficacement implique donc de recourir à des stratégies qui tiennent compte des qualités propres à chaque type d'engrais de ferme.

porcs se distingue par ses effets fertilisants rapides, comparé à des fumiers pailleux, qui ont des effets à plus long terme. La variabilité de la **teneur en matière sèche** et le **type d'azote** qui y est associé sont deux facteurs importants. **L'azote ammoniacal**, fraction très soluble de l'azote contenu dans les engrais de ferme, est rapidement disponible aux plantes et se comporte comme l'azote des engrais minéraux. **L'azote organique**, lié à la partie solide des déjections, doit être **minéralisé** avant d'être assimilé par les plantes.

Cette minéralisation de l'azote organique est le résultat du travail des **micro-organismes du sol**. Cette transformation microbienne sera plus ou moins rapide selon la température du sol, l'humidité, l'acidité, l'aération, la compaction. Alors que l'azote ammoniacal est relâché en moins de trois semaines, la fraction organique pourra nécessiter de

cinq à huit semaines pour se minéraliser. Les divers engrais de ferme, ayant des proportions différentes d'azote ammoniacal et d'azote organique, auront des comportements différents.

Qu'y a-t-il dans votre fumier?

Dans votre fosse?

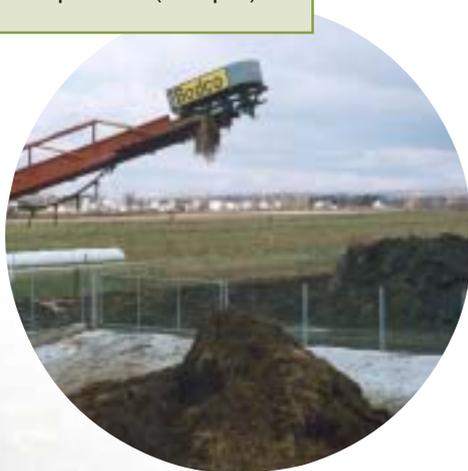
Une formule d'engrais chimique comporte trois chiffres, par exemple 15-30-15, indiquant le pourcentage en azote (N), en phosphore (P_2O_5) et en potassium (K_2O). Les engrais de ferme sont riches de ces mêmes éléments fertilisants et seule une analyse de laboratoire permet de déterminer la quantité de ces minéraux. Ces données sont essentielles pour bien évaluer la valeur fertilisante de vos engrais de ferme, point de départ d'une valorisation efficace.

Informations tirées d'une analyse d'un lisier de porc

Labo Au fumier frais inc.	
Description	Purin-Porc-Engraissement
Paramètre	
pH	6,7
Matière sèche	3,0 %
Azote total	2,65 kg/tonne
Azote ammoniacal	2,05 kg/tonne
Mat. org.	65,2 %
P total	1,05 kg/tonne
P total en P_2O_5	2,40 kg/tonne
K total	1,51 kg/tonne
K total en K_2O	1,82 kg/tonne
Ca total	1,51 kg/tonne
Mg total	0,53 kg/tonne
Rapport C/N/ - estimé	4,3

COMPRENDRE SON ANALYSE...

1. L'**azote total** est la somme des deux formes d'azote que l'on retrouve dans les fumiers : la forme *ammoniacale* (rapidement disponible) et la forme *organique* (à relâchement plus lent). Le type de fumier (solide ou liquide), le moment d'épandage (automne ou été), le type de sol, l'incorporation plus ou moins rapide et les conditions climatiques sont des facteurs qui auront une influence sur la quantité d'azote réellement disponible aux plantes.
2. Le contenu minéral est exprimé en **kg par tonne d'engrais de ferme épandu aux champs**. Ici, ce lisier de porcs contient 2,65 kg d'azote, 2,40 kg de phosphore et 1,82 kg de potassium pour chaque tonne épandue. Ainsi, **3,6 m³** de ce lisier (épandus l'été, incorporés dans les 24 heures), libéreront 20 kg d'azote, 26 kg de phosphore et 22 kg de potassium.
3. **C/N** représente le **rapport carbone (C) azote (N)**. Plus ce chiffre est grand, plus l'engrais de ferme est riche en fibre et plus il se décomposera lentement. Ici, le C/N a une faible valeur de 4,3, indiquant une libération rapide. Ce qui est normal pour un lisier de porcs : peu de matière sèche et beaucoup d'azote ammoniacal rapidement disponible. Pour des fumiers plus pailleux, le C/N sera plus élevé (15 et plus).



L'analyse vaut ce que l'échantillon vaut

Une analyse de sol ou de fumier est fiable dans la mesure où l'échantillon aura été prélevé selon les règles de l'art : ce qui est soumis au laboratoire doit être le plus représentatif possible. Le matériel prélevé sera bien mélangé et environ 500 ml seront extraits pour remplir le contenant en plastique à expédier au laboratoire. Idéalement, l'échantillonnage se fera au moment de l'épandage, directement dans l'épandeur ou au sortir du tuyau de remplissage ou de vidange de la citerne. Cette manière de procéder permet de connaître davantage la valeur de ce qui est réellement épandu aux champs.

Une analyse provenant d'un mauvais échantillonnage n'est d'aucune utilité.

- La pelle, la fourche et les contenants en plastique doivent être propres et étanches.
- L'échantillon doit être conservé au frais et l'expédition au labo doit se faire sans délai sinon le contenant doit être congelé.



Les engrais de ferme, du pareil au même?

Votre fumier est plus riche que celui du voisin, c'est possible! La composition chimique des engrais de ferme est très variable selon le type de fumier ou d'une entreprise à l'autre. Pour un même type d'animal, l'alimentation, le type et la quantité de litière, la manutention, la durée d'entreposage et la dilution par les eaux de lavage et les précipitations sont des facteurs qui font varier la « richesse » d'un fumier. Les entreprises ont donc tout intérêt à connaître leurs propres analyses d'engrais de ferme.



L'or brun!

Valoriser efficacement les engrais de ferme, c'est aussi rentabiliser un actif! Un troupeau de 50 vaches laitières produit annuellement plus de 6 000 \$ en équivalent d'engrais minéraux. À raison de 25 à 30 tonnes épandues par hectare, la valeur peut atteindre plus de 200 \$ l'hectare selon le type de fumier (tableau 1).

Ce sont autant de dollars à soustraire de vos achats d'engrais chimiques. Ces mêmes estimations évaluent à 60 \$ la valeur fertilisante d'une citerne de lisier de porcs (13 m³).

Un lisier laissé à la surface perdra en moyenne 50 % de son azote ammoniacal par volatilisation. Cette volatilisation se produit dès les premières heures suivant l'épandage. L'incorporation rapide permettra de réduire les pertes.

les bénéfiques liés aux apports des autres minéraux (oligo-éléments) et de la matière organique ne sont pas

comptabilisés, pas plus que les effets qui se feront sentir sur plus d'une année. Sur le marché des fertilisants, il n'y a pas de doute que les fumiers et lisiers sont des engrais écologiques à haute valeur!

Un épandeur de 11 m³ d'un fumier solide de vaches, appliqué en août après la récolte de l'orge, équivaut à environ 40 \$ en valeur fertilisante réelle.

Tableau 1
Estimation de la valeur moyenne des engrais de ferme appliqués au printemps et incorporés en 24 heures

Type de fumier		\$/tonne	Kg/ha de N-P ₂ O ₅ -K ₂ O		\$/ha
Bovins laitiers	Fumier	7,25 \$	30 tonnes/ha apportent	70-70-150	200 \$
	Purin (1 m ³)	2,80 \$	27 m ³ /ha apportent	18-12-84	80 \$
	Lisier (1 m ³)	4,30 \$	27 m ³ /ha apportent	40-27-92	120 \$
Porcs engraissement	Lisier (1 m ³)	4,20 \$	27 m ³ /ha apportent	48-48-48	120 \$
Volailles	Fumier	32,00 \$	7 tonnes/ha apportent	88-105-95	215 \$

Les engrais verts dans la rotation

Une stratégie gagnante

Les engrais verts sont des cultures destinées à l'enfouissement qui améliorent la fertilité du sol. Ils permettent :

- de stimuler l'activité biologique par l'apport de matière organique facile à décomposer, améliorant la structure et l'aération du sol;
- d'absorber les éléments fertilisants des engrais de ferme qui seront en partie disponibles pour la culture suivante;
- de diminuer le lessivage des éléments nutritifs non utilisés au cours de la saison;
- de réduire l'érosion hydrique en comparaison avec un sol laissé à nu à l'automne;
- de diminuer la croissance des mauvaises herbes.

Excellent moyen pour préserver la valeur fertilisante des engrais de ferme, les engrais verts sont très efficaces pour recycler les minéraux, donc pour réduire les pertes par lessivage à l'automne.

Par exemple, à la suite d'une récolte d'orge ou lors de la rénovation d'une prairie, il est possible de faire un semis d'engrais vert. Ce dernier agira un peu comme une éponge en accumulant dans sa biomasse les éléments nutritifs non utilisés durant l'été ou libérés à la suite d'une application de fumier ou de lisier. Au printemps, la minéralisation microbienne aura pour effet de fournir à la culture suivante ces minéraux.

Semées après la récolte de la culture principale, les crucifères, comme la moutarde blanche et le radis huileux, constituent un bon engrais vert. Les regains d'orge dus aux pertes lors du battage également. L'enfouissement, si nécessaire, doit se faire tard l'automne afin d'éviter la décomposition microbienne avant le printemps. Dans de bonnes conditions, les résidus de l'engrais fournis à la culture suivante des quantités de l'ordre de 30 à 50 kg d'azote à l'hectare, en plus de recycler très efficacement le potassium.

ESPÈCES COURANTES		
Espèce	Semis kg/ha	Rendement T/ha
Moutarde/Radis huileux	12	2 à 5
Orge/avoine/seigle	110	2 à 3
Sarrasin	60	2 à 3

Les engrais minéraux

Les engrais minéraux sont des fertilisants apportant aux sols des quantités variables d'azote (N), de phosphore (P_2O_5) et de potassium (K_2O). Par exemple, 1 000 kg (une tonne) d'engrais 15-30-12 contient 150 kg d'azote, 300 kg de phosphore et 120 kg de potassium. Les engrais minéraux sont beaucoup plus concentrés que les engrais de ferme. Ils sont plus solubles et agissent plus rapidement dans le sol, mais n'apportent pas de matière organique.

Quelques engrais minéraux de base

	Formule	Remarques
Azote		
Nitrate d'ammonium (nom commun : nitrate)	34-0-0	Action rapide. Forme d'azote à la fois très assimilable par les plantes, mais très mobile dans le sol donc très lessivable. Fractionnement des apports importants.
Urée	46-0-0	Risque de toxicité ammoniacale : quantité maximale à respecter si appliquée en bande. Risque de volatilisation par temps chaud et sec si appliquée à la volée; léger enfouissement souhaitable dans ces cas. Engrais acidifiant.
Nitrate d'ammonium calcique (nom commun : CAN)	27-0-0	Nitrate d'ammonium granulé avec de la chaux. Ne brûle pas les feuilles de maïs quand appliqué en bande en post-lévée.
Engrais liquide	28-0-0 32-0-0 41-0-0	Engrais liquide
Phosphore		
Phosphate d'ammonium (nom commun : MAP)	11-52-0	Action plus douce que le DAP. Engrais acidifiant.
Phosphate d'ammonium (nom commun : DAP)	18-46-0	Risque de toxicité ammoniacale : quantité maximale à respecter si appliqué en bande. Engrais acidifiant.
Potassium		
Sulfate de potassium et de magnésium (nom commun : sulpomag)	0-0-22	
Muriate de potassium	0-0-60	

Unités fertilisantes

NE PAS CONFONDRE...

Unités fertilisantes et kg d'engrais

Les engrais contiennent des unités fertilisantes. Par exemple, 1 kg de 34-0-0 contient 340 unités fertilisantes d'azote par tonne d'engrais, c'est-à-dire 34 %.

Combien d'unités fertilisantes dans 250 kg de 18-46-0?

18 % de 250 kg : 45 unités d'azote

46 % de 250 kg : 115 unités de phosphore

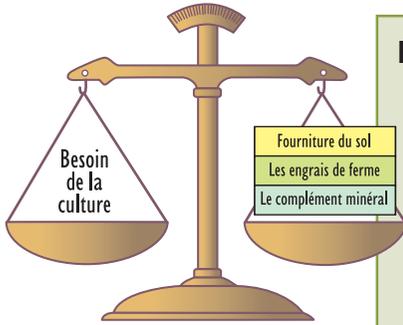
0 % de 250 kg : 0 unités de potassium

Quand on parle des **besoins** en N-P-K d'une culture, on parle **d'unités fertilisantes**. Pour appliquer aux champs ces unités fertilisantes, on a alors le choix de plusieurs formules d'engrais.



Le plan de fertilisation

Un plan de fertilisation établit, champ par champ, des recommandations qui permettront d'atteindre l'équilibre entre les besoins en éléments nutritifs des cultures et les apports en fertilisants de toutes provenances. Il tient compte de l'état et du niveau de richesse du sol et de la rotation des cultures.



Protection de l'environnement

L'approche agroenvironnementale en fertilisation des cultures repose sur la recherche d'un équilibre entre les besoins nutritifs des plantes et les apports de fertilisants de toutes provenances. Cet équilibre permet de réduire au minimum les risques de contamination des eaux de surface et des nappes phréatiques tout en obtenant un rendement économique optimal.

Données nécessaires :

- Sol : richesse en phosphore, en potassium, acidité (pH), matière organique. ➤ Outil : analyse de sol
- Engrais de ferme : richesse en azote, phosphore, potassium. Quantité appliquée. ➤ Outil : analyse d'engrais de ferme / registre d'épandage
- Cultures ensemencées : besoins en fertilisation et apports de la culture précédente. ➤ Outil : guide de référence en fertilisation
- Superficie : surface pour chacun des champs en culture ➤ Outil : plan de ferme

Les besoins

Selon la richesse en phosphore et en potassium du sol, les apports en fertilisants seront variables. Le *Guide de référence en fertilisation* (CRAAQ) regroupe les recommandations pour la fertilisation des principales cultures du Québec.

Grille de recommandations pour le maïs-grain

MAÏS-GRAIN

pH optimum : 5,8 - 7,0

AZOTE (N)		
Temps et mode d'apport	Recommandation (kg N/ha)	
Selon la zone climatique et les textures de sol, dont 20-50 kg/ha en bande au semis	120-170	
PHOSPORE (P)		
Saturation en phosphore (P/Al) M ₃ (SEP) ¹ (%)	Recommandation (kg P ₂ O ₅ /ha)	
	Sols légers 30 % d'argile	Sols lourds 30 % d'argile
0-2,5	95	70
2,6-5,0	70	45
5,1-7,5	50	35
7,6-10,0	40	35
10,1-15,0	35	35
15,1-20,0	30	20
20,0	0-20	0
POTASSIUM (K)		
Analyse (kg K/ha)	Recommandation (kg K ₂ O/ha)	
Pauvre	0-50	175
	51-100	150
Moyen	101-150	100
	151-200	75
Bon	201-250	50
Riche	251-500	0-30
Excessivement riche	501 et +	0

Richesse du sol

Kg d'unités fertilisantes recommandés

Richesse du sol :

valeur indiquée sur l'analyse de sol

Kg d'unités fertilisantes recommandés permettant de répondre à l'objectif de rendement optimum et de sécurité environnementale. Notons que plus le sol est riche, plus la recommandation est faible.

Les apports

Il importe d'estimer à sa juste valeur la contribution de toutes les sources d'éléments nutritifs pour les plantes : l'azote relâché par la minéralisation de la matière organique en cours de saison, le précédent cultural, les engrais verts et les engrais de ferme ainsi que certains amendements comme les chaux potassiques ou les boues de papetières.

Tableau 2
Contenu fertilisant de diverses sources

SOURCES D'ÉLÉMENTS FERTILISANTS	MINÉRAUX APPORTÉS(kg/ha)		
	Azote (N)	Phosphore (P ₂ O ₅)	Potassium (K ₂ O)
Matière organique si > 4 %	15 à 30	-	-
Précédent soya ou prairie de légumineuses	25 - 50	-	-
25 t/ha fumier de bovins*	60	60	125
27 m ³ /ha lisier de bovins*	40	27	92
27 m ³ /ha lisier de porcs*	48	48	48
Engrais vert (moutarde)	40 à 70	5 à 15	+ de 75

* Estimation reposant sur des épandages d'été, enfouis dans les 48 heures

Bilan et complément minéral

Les besoins en minéraux d'une culture peuvent être comblés, en tout ou en partie, par plusieurs sources organiques de minéraux. En additionnant la contribution du sol, le précédent cultural et les apports du fumier et lisier, on établit ce qui devra être comblé par les engrais minéraux, granulaires ou liquides.

Tableau 3
Exemple de calcul d'un bilan de fertilisation
pour la culture de maïs-grain

CULTURE : MAÏS-GRAIN		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
SOL				
Lourd : > 30 % argile				
Phosphore : P/Al : 6 %				
Potassium : 175 kg/ha				
A	BESOINS TOTAUX EN MINÉRAUX	150	35	75
APPORTS DES SOURCES DE MINÉRAUX				
	Matière organique : 5 %	15	-	-
	<i>Précédent cultural : soya</i>	25	-	-
	<i>Engrais de ferme : 27 m³ de lisier de bovins laitiers</i>	40	20	90
- B	APPORTS TOTAUX EN MINÉRAUX	80	15	90
= C	BILAN : LES BESOINS (A) MOINS LES APPORTS (B)	70	20	-15

Selon le tableau 3, des engrais minéraux seront nécessaires pour fournir les 70 unités fertilisantes en azote et pour les 15 unités en phosphore alors que les besoins en potassium sont comblés par les apports en lisiers.

Attention : observations requises

De nombreux facteurs influencent la valeur fertilisante des différentes sources d'éléments nutritifs : texture, structure et température du sol, type, quantité et période d'application des engrais de ferme, état du précédent cultural enfoui, acidité du sol et activité biologique.



La recherche de l'équilibre

L'importance des bilans

Tel un bilan financier, les bilans agronomiques s'avèrent souvent forts révélateurs.

Bilan à la surface du sol

Ce dernier compare les quantités d'éléments minéraux **exportées par une culture** avec les **apports en minéraux** des différentes sources utilisées. Si ce bilan indique que les apports sont plus importants que les prélèvements faits par les végétaux récoltés, cette situation représente un enrichissement du sol.

Bilan minéral annuel de la ferme

Il s'agit d'une approche globale examinant la circulation des minéraux sur une ferme d'élevage. Il s'agit de comptabiliser toutes les entrées (les importations) et toutes les sorties (les exportations) de minéraux sur la ferme. Les achats d'engrais, de chaux, de moulées ou de grains sont des **importations** alors que les ventes de lait, d'animaux, de céréales, de pailles ou de fumiers sont des **exportations**. Le bilan minéral à l'échelle de la ferme sert d'**indicateur environnemental**. Un bilan excédentaire en azote ou en phosphore indique un risque de pertes dans l'environnement.

Exemple

BILAN MINÉRAL ANNUEL D'UNE FERME PORCINE (superficie 100 ha)			
	Azote (kg)	Phosphore (kg)	Potassium (kg)
Importations totales	36 248	22 108	13 193
Exportations totales	12 160	5 882	2 052
Bilan	24 088	16 226	11 141
Bilan à l'hectare	241	162	111

Ce bilan est excédentaire. Il nécessite une réduction des importations et/ou une augmentation des exportations. L'évolution d'un bilan minéral vers l'équilibre réduit d'autant le niveau de risque sur l'environnement.

Pour réduire les importations

Une meilleure valorisation des engrais de ferme permet de diminuer les achats d'engrais minéraux. Le recours à l'alimentation multiphase et à la phytase dans la moulée entraîne une diminution des achats de moulées et de suppléments minéraux.

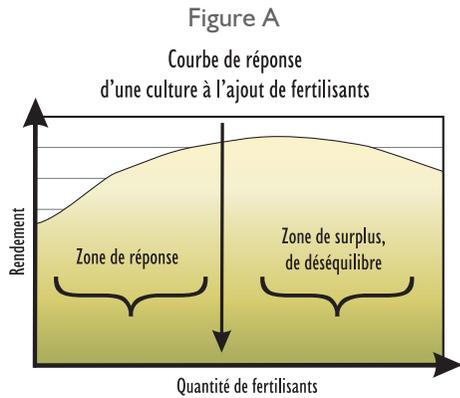
Pour augmenter les exportations

On vise l'augmentation des rendements des cultures par le chaulage et une meilleure régie des sols et l'exportation de lisier chez des entreprises receveuses.

Technique utilisée	Réduction du phosphore dans le lisier de porc
Phytase	25 %
Multiphase	5 à 10 %
Moulée cubée	3 à 5 %
Trémies	4 à 7,5 %

Les déséquilibres

Une culture répond à la fertilisation lorsqu'une augmentation de celle-ci permet d'accroître les rendements (figure A). Au-delà de cette zone de réponse, les minéraux ajoutés, qu'ils soient en provenance des engrais de ferme ou des engrais minéraux, ne sont plus utiles à la culture. Les minéraux non assimilés par la plante contribuent à l'enrichissement du sol (cas du phosphore et du potassium) ou seront soumis au lessivage (cas des nitrates). La régulation de la fertilisation doit éviter l'enrichissement du sol au-delà de certaines valeurs critiques. Les déséquilibres peuvent occasionner des problèmes aux plantes ou à l'environnement.



L'azote

Un excès d'azote provoquera la verse des céréales, induira des retards de maturation dans le maïs et diminuera la nodulation racinaire dans le soya. Les nitrates, la principale forme d'azote présente dans le sol, sont très solubles dans l'eau. Étant peu ou très faiblement retenus par les particules d'argile ou d'humus, ils peuvent migrer jusqu'aux nappes phréatiques, provoquant une contamination des sources d'eau potable.

Nitrates et eau potable

Pour être potable, l'eau doit contenir moins de 10 mg de nitrates par litre (10 ppm). Au-delà de cette quantité, la consommation d'eau contaminée par les nitrates peut causer de graves problèmes chez les enfants, les femmes enceintes, les personnes âgées et les jeunes animaux. De même, les poissons sont très sensibles à la présence d'azote sous forme ammoniacale dans l'eau. Celle-ci réduit aussi la teneur en oxygène dissout dans l'eau.

MAUVAISES HERBES ET AZOTE

Plusieurs espèces de mauvaises herbes prolifèrent en présence d'excès d'azote : chou gras, amarante, herbe à poux et graminées annuelles. Éviter la surfertilisation permet également de contrôler les mauvaises herbes.

Le phosphore

Le phosphore non assimilé par les plantes s'accumule dans le sol. Au-delà d'un certain niveau d'enrichissement, la capacité du sol à retenir le phosphore s'amenuise. Les risques environnementaux de perte par lessivage et par ruissellement vers les eaux souterraines et les eaux de surface sont alors augmentés. Pour prévenir et corriger des situations de surplus de phosphore, des bilans annuels de phosphore sont exigés en vertu du Règlement sur les exploitations agricoles (REA) depuis juin 2003.

EUTROPHISATION

Résulte d'une croissance accélérée d'algues et de plantes aquatiques dans les cours d'eau.

Le phosphore est associé étroitement à la prolifération d'algues. Ces végétaux consomment beaucoup d'oxygène, réduisant d'autant toute autre forme de vie aquatique.

Bilan de phosphore : chacun son bilan

Le REA prévoit que tout exploitant d'un lieu d'élevage ou d'un lieu d'épandage visé par un plan agroenvironnemental de fertilisation (PAEF) doit établir un **bilan de phosphore**. Ce bilan établit l'inventaire de toutes les sources de phosphore produites ou importées (déjections animales, engrais minéraux ou toutes autres matières fertilisantes) et détermine la capacité des sols à disposer des charges de phosphore autres que celles exportées, traitées ou éliminées.

BILAN PHOSPHORE

=

Charge totale de phosphore

(produite et importée)

MOINS

La charge totale de phosphore qui peut être disposée soit sur les parcelles (en propriété, en location et sous ententes d'épandage) ou exportées, traitées ou éliminées.

La **capacité de disposition** est déterminée par réglementation en fonction de la culture, de son rendement, de la richesse du sol et de son pourcentage de saturation en phosphore. La réglementation établit le maximum annuel de phosphore qui peut être déposé sur une parcelle ensemencée en céréales ou en soja.

Le bilan phosphore doit être mis à jour annuellement. Des analyses des teneurs fertilisantes des engrais de ferme sont requises annuellement et les analyses de sol doivent être effectuées au maximum tous les cinq ans. Si le bilan est excédentaire, l'entreprise est considérée en surplus et devra prendre des mesures pour équilibrer ce bilan.

Le potassium

Des applications de potassium en provenance d'engrais minéraux (ex. : 0-0-60) ou d'engrais de ferme enrichiront graduellement un sol pauvre. Le potassium a la particularité d'être rejeté dans l'urine des animaux. Les plantes l'emmagasinent dans les tiges (pailles, cannes de maïs). Cet élément minéral est donc fortement recyclé à la ferme puisque la paille et l'urine sont retournées au sol. Plus encore, depuis que l'entreposage des fumiers dans une structure étanche constitue la norme, les quantités de liquide à épandre ont augmenté considérablement. S'il est vrai que les teneurs en azote, phosphore, calcium et magnésium sont basses dans les purins de bovins laitiers, le potassium y est toutefois en quantité importante, presque autant que dans la partie solide (Tableau 4). Ainsi, un fumier riche en paille et en urine est riche en potassium. Une application de 13,5 m³ à l'hectare avec le purin de l'exemple ci-dessous fournit au sol 45 unités de potassium, soit l'équivalent de plus de 170 kg/hectare d'engrais minéral sous forme de 0-0-60. Les purins accumulés sous une toiture ont des concentrations plus importantes en azote et en potassium. Il y a peu d'exportation de potassium à la ferme. Un suivi des entrées de potasse sur la ferme permet d'éviter un enrichissement excessif des sols.

LES LIQUIDES DES PUROTS, JUSTE DE L'EAU?

Si la valeur fertilisante de la partie solide du fumier est incontestée, la partie liquide comporte également ses éléments fertilisants. Elle apporte aux champs des quantités de potassium importantes. Les fourrages produits sur des sols très riches en potasse peuvent occasionner des problèmes de santé à la période du prévelage (fièvre du lait).

Tableau 4
Teneur minérale de la partie solide et liquide (bovin laitier)

	Solide	Purin	Purin (sous toiture)
Matière sèche (%)	24	1,5	3,18
Azote total (kg/T)	5,81	1,44	3,29
Phosphore (kg/T)	3,67	0,54	0,24
Potassium (kg/T)	5,59	3,44	6,27

Formes de pollution associées aux éléments fertilisants

▶ **LESSIVAGE**

Perte des minéraux de haut en bas dans le profil du sol, vers les drains et la nappe phréatique. La forme nitrate de l'azote est très soluble, peu retenue par le sol et donc particulièrement sensible au lessivage. Dans les sols très riches en phosphore, une partie peut être lessivée dans les eaux de drainage.

▶ **RUISSELLEMENT**

Perte des minéraux par transport à la surface du sol vers les fossés et les cours d'eau. Lorsque l'eau érode le sol, elle entraîne les particules les plus fines et les plus riches (argile et humus). Le phosphore peut ainsi être entraîné hors du champ avec l'eau de ruissellement.

▶ **VOLATILISATION**

Perte dans l'air sous forme gazeuse. Concerne la production d'ammoniaque, forme gazeuse de l'azote. Par exemple, l'urée (l'engrais minéral 46-0-0), laissée en surface en condition chaude et sèche peut perdre jusqu'à 20 % de sa valeur fertilisante. L'odeur d'ammoniac des engrais de ferme constitue aussi une perte d'azote. Un lisier laissé en surface perdra en moyenne au cours des premières heures plus de 50 % de son azote ammoniacale.

▶ **DÉNITRIFICATION**

Dans des sols lourds, compacts et mal drainés, le nitrate se transforme en protoxyde d'azote N_2O . En plus d'être un puissant gaz à effet de serre (310 fois plus que le CO_2), cette forme d'azote n'est plus disponible pour la croissance des plantes.



Tableau 5
Risques environnementaux

Caractéristiques	Lessivage	Volatilisation	Ruissellement	Dénitrification
Azote				
<p>Pas d'accumulation dans le sol</p> <p>N'est pas retenu par les argiles ou par la matière organique</p>	<p>Nitrate : en sol sableux ou perméable</p>	<p>Ammoniaque : urée (46-0-0), fumier, lisier laissés à la surface du sol par temps sec, chaud, venteux.</p>	<p>Ammoniaque : situation d'entraînement du sol de surface au printemps (fonte des neiges) et à l'automne (pluies abondantes)</p>	<p>Nitrate : en sols lourds, humides, compacts et mal drainés</p>
	Très sensible	Très sensible	Sensible	Très sensible
Phosphore				
<p>Accumulation dans le sol</p> <p>Retenu par les argiles ou par la matière organique</p> <p>Risque d'enrichissement excessif</p>	<p>Enrichissement excessif sur sol sableux ou très perméable</p>		<p>Situation d'entraînement du sol de surface au printemps (fonte des neiges) et à l'automne (pluies abondantes)</p>	
	Sensible	Pas de volatilisation	Très sensible	Pas de dénitrification
Potassium				
<p>Accumulation dans le sol</p> <p>Retenu par les argiles ou par la matière organique</p> <p>Risque d'enrichissement excessif</p>			<p>Situation d'entraînement du sol de surface au printemps (fonte des neiges) et à l'automne (pluies abondantes)</p>	
	Peu sensible	Pas de volatilisation	Sensible	Pas de dénitrification

OBJECTIF : **perte minimale, disponibilité maximale**

L'azote ne s'accumule pas dans le sol d'une saison à l'autre : rapidement disponible, il doit être utilisé par les plantes sinon il s'élimine par volatilisation, lessivage, ruissellement ou immobilisation par les micro-organismes.

Fractionner

Le fractionnement des applications d'engrais réduit les pertes d'azote dans l'environnement. Au printemps, les plantes croissent lentement, leur demande pour l'azote est faible. Il est préférable d'appliquer peu d'azote au semis et le reste en début de la période de croissance active. Pour les engrais de ferme à décomposition rapide (lisier, purin), les épandages sur des plantes en croissance permettent d'utiliser efficacement leur valeur fertilisante.

Répartir

Le délai de relâchement des minéraux contenus dans les fumiers solides est plus long. Des épandages en août, suivis d'une rapide incorporation, permettront d'amorcer la décomposition microbienne de l'azote organique. Ainsi, des applications en août sur des prairies à labourer, à la suite du battage des céréales ou encore en présemis d'un engrais vert sont des scénarios de valorisation qui ont fait leurs preuves.

ZÉRO PERTE?

Il est impossible d'éviter complètement les pertes dues à la volatilisation, au lessivage ou au ruissellement. Toutefois, les épandages de fertilisants, répartis dans la saison à des doses tenant compte de la richesse des sols et des besoins des cultures, permettront de les minimiser.

Localiser

Le phosphore offre un maximum d'efficacité lorsqu'appliqué en bandes au moment du semis, sous forme granulaire ou sous forme liquide.

TROP ET TROP TÔT...

Jusqu'au stade de huit feuilles, le maïs n'a prélevé qu'environ 3 % de tout l'azote dont il aura besoin pour la saison. L'application de la dose complète au semis se traduira par des pertes de 15 % et plus. Le maïs absorbe la quasi-totalité du potassium requis entre le stade huit feuilles et celui du brunissement des soies. L'absorption rapide du potassium nécessite une structure de sol permettant un bon développement racinaire.

Conserver le sol dans les champs

Lorsque l'eau érode le sol, elle entraîne les particules les plus fines et les plus riches (argile et humus). Associés à ces particules, les minéraux essentiels, les résidus d'herbicides et la matière organique seront aussi entraînés hors des champs. L'érosion des sols est un phénomène à endiguer puisqu'il se traduit par des pertes monétaires et a un impact négatif sur l'environnement. Les bandes

riveraines sont une façon naturelle de protéger les cours d'eau contre l'érosion. Une bande riveraine de 3 m de large réduit d'au moins 48 % le volume d'eau de ruissellement, de 90 % les charges de matières en suspension, de 69 % les charges d'azote et de 86 % les charges de phosphore. (IRDA)*

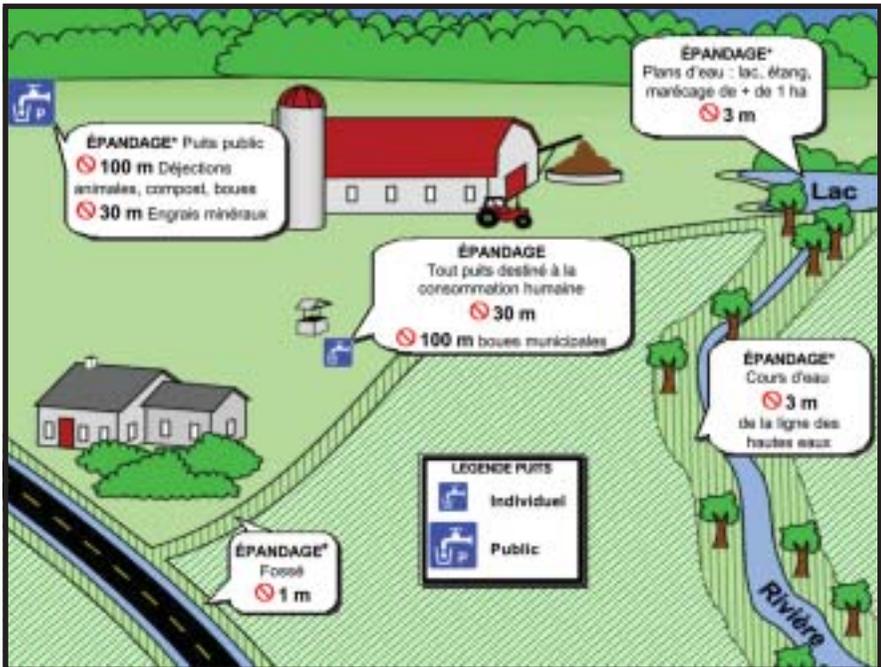


* IRDA : Institut de recherche et développement en agroenvironnement

Garder ses distances

Pour préserver la qualité des eaux de surface et souterraines, il est interdit d'épandre des déjections animales, du compost de ferme, des engrais minéraux et des boues de papetières au-delà d'une certaine distance comme l'illustre le schéma ci-dessous*.

Certaines de ces normes sont à titre indicatif. Il vous appartient de vérifier quelles distances sont appliquées dans votre municipalité.



* Ces distances séparatrices sont tirées de la réglementation en vigueur en avril 2005.

La fertilisation des cultures

Au cœur de l'efficacité environnementale

Pour des raisons économiques et environnementales, une gestion optimale des éléments nutritifs s'impose afin :

- d'obtenir les meilleurs rendements aux meilleurs coûts;
- de valoriser les ressources de la ferme en tout premier lieu;
- de réduire les impacts dans l'environnement.

I. Meilleurs rendements à meilleurs coûts

Le rendement des cultures, s'appuyant sur une approche globale, implique d'autres éléments que l'ajout de fertilisants. Les facteurs agronomiques comme le désherbage, la vigueur des semences, la préparation du lit de semences, le semis, l'encroûtement du sol ou les maladies déterminent aussi les rendements.

Si les racines n'atteignent pas la couche de labour, la compaction ou le régime hydrique sont souvent en cause. Utiliser des outils comme le *Guide de référence en fertilisation* du CRAAQ

(Centre de référence en agronomie et agroalimentaire du Québec) pour établir les besoins en minéraux des plantes, répond à l'objectif de rendement optimum et de sécurité environnementale.

CE QUE DE NOMBREUX ESSAIS AUX CHAMPS NOUS RÉVÈLENT...

Une terre en bonne condition dont la richesse du sol dépasse les 150 kg/ha de phosphore peut recevoir un minimum de fertilisant minéral sans hypothéquer le potentiel de rendement. Selon des essais aux champs menés au Québec sur plusieurs sites et pendant plusieurs années, sur un sol riche, il n'y a aucune justification économique à maintenir le phosphore dans le démarreur, seul l'azote doit être maintenu pour le maïs. Les revenus générés par le rendement supplémentaire ne sont pas suffisants pour compenser le coût d'achat du phosphore minéral ou liquide appliqué en fertilisation de démarrage.

3. Réduire les impacts sur l'environnement

Chaque intervention doit être faite avec le souci de réduire les impacts sur l'environnement. Les pratiques suivantes contribuent à réduire l'érosion et à préserver la qualité des eaux de surfaces et souterraines :

- éviter l'enrichissement excessif des sols afin de préserver la qualité de l'eau;
- respecter les distances des fossés et des prises d'eau lors de l'épandage et établir des bandes riveraines permanentes;
- favoriser la synchronisation des applications organiques ou minérales avec la période de croissance active des cultures;
- enfouir rapidement les lisiers épandus;
- insérer les engrais verts dans la rotation;
- réduire le travail du sol;
- conserver davantage de résidus en surface.

À court terme, pour les rendements soutenus et à long terme, pour l'héritage à léguer, les stratégies de fertilisation doivent reposer sur la préservation de la santé des sols et sur le respect des équilibres entre les besoins des plantes et les ressources du milieu. La gestion optimale du système sol-fumier-culture se traduit par l'amélioration de l'efficacité environnementale et une rentabilité accrue des champs!



Les références

La structure du sol : un élément clé de sa fertilité. 2000. Publié par Centre de développement d'agrobiologie et Clubs-conseils en agroenvironnement-Club du CDA. 6 pages.

Engrais vert et cultures intercalaires. Par Pierre Jobin et Yvon Douville. Publié par le Centre de développement d'agrobiologie, 20 pages.

L'analyse des fumiers et lisiers : un outil essentiel. 2002. Michel Tessier. Publié par le Conseil pour le développement de l'agriculture du Québec (CDAQ), 6 pages.

Grilles de référence en fertilisation. 2003. Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec. 1^{re} édition, 294 pages.

La meilleure façon de fertiliser le maïs. 1999. André Brunelle. Le Bulletin des agriculteurs/mars 1999.

Guide d'une démarche agroenvironnementale en production porcine. Fédération des producteurs de porcs du Québec. 69 pages.

Le bilan nutritif, une approche écologique de la gestion des éléments nutritifs sur la ferme. 1993. Par Pierre Jobin et Guy Forand. Publié dans Essais d'observations à la ferme. Rapport technique 1993. Centre de développement d'agrobiologie. p. 5 -17.

Guide des bonnes pratiques de conservation en grandes cultures. 2000. Conseil des productions végétales du Québec inc. Document en 7 modules et 34 feuillets. 500 pages.

Engrais verts = Billets verts! 2003. Guy Beauregard. Le Bulletin des agriculteurs/mi-mars 2003 p. 39-40.

Contrôlez l'érosion pour protéger vos investissements. 2003. Clubs-conseils en agroenvironnement. 15 pages.

Faut-il mettre du phosphore dans les démarreurs à maïs? 2002. Jean Cantin, agronome, MAPAQ. Agri-vision 2001-2002. 4 pages.

Photographies : Union des producteurs agricoles, Clubs-conseils en agroenvironnement et Michel Tessier.



Ce document a été réalisé par le Conseil pour le développement de l'agriculture du Québec grâce au Fonds canadien d'adaptation et de développement rural (FCADR) d'Agriculture et Agroalimentaire Canada.



Agriculture et
Agroalimentaire Canada

Agriculture and
Agri-Food Canada

Canada

Conseil pour le développement de l'agriculture du Québec
555, boulevard Roalnd-Therrien, bureau 110
Longueuil (Québec) J4H 4E7
www.cdaq.qc.ca

Juin 2005