

SOURCES D'ÉLÉMENTS NUTRITIFS

La plupart des éléments nutritifs absorbés par les plantes sont fournis par le sol même. Parfois, les concentrations de certains éléments nutritifs dans le sol sont trop faibles pour permettre une croissance appropriée.

Comme nous l'avons expliqué plus tôt, on peut épandre des matières sur le sol pour l'enrichir en éléments nutritifs. Ces matières présentent les éléments nutritifs sous forme soit inorganique (p. ex. engrais commerciaux), soit organique (résidus de cultures, fumiers, et biosolides). Ces formes comportent plusieurs types offrant chacune des propriétés, avantages et inconvénients particuliers quant au coût, à la commodité, à la sécurité et à la protection de l'environnement.

Les données du présent chapitre devraient permettre d'élaborer un programme de gestion des éléments nutritifs de deux manières :

- en décrivant la source des matières fertilisantes et leur sort dans le sol;
- en soulignant les avantages et les inconvénients des matières utilisées présentement et celles qu'on envisage d'utiliser.

TERMINOLOGIE RELATIVE AUX ÉLÉMENTS NUTRITIFS

À l'exception du phosphore et du potassium, la teneur en éléments nutritifs de la plupart des matières est exprimée en concentration au poids (p. ex. pourcentage, parties par million, livres à la tonne impériale, kilogrammes à la tonne métrique, etc.) d'éléments nutritifs dans leur forme élémentaire (c'est-à-dire pas en association avec d'autres éléments).

Traditionnellement, les besoins en phosphore et la teneur en phosphore des engrais sont exprimés dans la forme pentoxyde (P_2O_5), communément appelée phosphate. Le potassium est exprimé en potasse (K_2O).

On appelle analyse ou formule la teneur en éléments nutritifs assimilables (biodisponibles) d'un engrais. Elle est exprimée en pourcentage d'azote, de P_2O_5 et de K_2O , respectivement. Par exemple, la formule 8-32-16 contient au moins 8 % d'azote (total), 32 % de P_2O_5 assimilable et 16 % de K_2O (soluble dans l'eau).

TENEUR EN ÉLÉMENTS NUTRITIFS DES MATIÈRES FERTILISANTES COURANTES

MATIÈRE	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	Ca (%)	Mg (%)	S (%)	Cl (%)
ENGRAIS AZOTÉS							
Ammoniac anhydre	82	—	—	—	—	—	—
Nitrate d'ammonium	34	—	—	—	—	—	—
Sulfate d'ammonium	21	—	—	—	—	23,7	—
Nitrate de calcium	15	—	—	19,4	1,5	—	—
Nitrate d'ammonium et de calcium	27	—	—	4	2	—	—
Nitrate de sodium	16	—	—	—	—	—	—
Urée	46	—	—	—	—	—	—
Solutions d'urée et de nitrate d'ammonium (UAN)	28–32	—	—	—	—	—	—
ENGRAIS PHOSPHORÉS							
Superphosphate simple	—	20	—	20	—	12	—
Superphosphate triple	—	46	—	13,6	—	1,4	—
Farine d'os	2–4	*	—	20–25	—	—	—
Phosphate naturel	—	*	—	33	—	—	—
ENGRAIS POTASSIQUES							
Chlorure de potassium (muriate)	—	—	60–62	—	—	—	47
Sulfate double de magnésium et de potassium	—	—	22	—	11	22,7	1,5
Sulfate de potassium	—	—	50	—	1,2	17,6	2,1
ENGRAIS BINAIRES							
Phosphate diammonique (DAP)	18	46	—	—	—	—	—
Phosphate de monoammonium (MAP)	10–13	48–52	—	—	—	—	—
Gypse	—	—	—	22,5	—	16,8	—
Chaux calcique	—	—	—	25–40	0,5–3	—	—
Chaux dolomitique	—	—	—	19–22	11–13	—	—
Sulfate de magnésium	—	—	—	2,2	10,5	14	—
Nitrate de potassium	12	—	44	—	—	—	1,1
Soufre	—	—	—	—	—	30–99	—
Cendres de bois	—	1,8	5,5	23,3	2,2	—	—

*La disponibilité du phosphore de ces matières est très variable.

SOURCES INORGANIQUES (ENGRAIS COMMERCIAUX)

MATIÈRES FERTILISANTES COURANTES

Les engrais commerciaux constituent l'une des principales sources d'éléments nutritifs pour les cultures. Voici quelques-uns des avantages et des inconvénients qu'ils comportent.

ENGRAIS COMMERCIAUX	
AVANTAGES	CONSÉQUENCES
<ul style="list-style-type: none"> les éléments nutritifs sont concentrés dans des matières dont les caractéristiques physiques sont constantes 	<ul style="list-style-type: none"> les matières sont généralement faciles à manipuler, à transporter et à appliquer uniformément et avec précision
<ul style="list-style-type: none"> la teneur en éléments nutritifs est connue et constante 	<ul style="list-style-type: none"> les mélanges faits sur demande répondent aux besoins précis des cultures selon les résultats d'analyses, et l'on n'est pas forcé d'épandre des éléments nutritifs dont la teneur dans le sol est suffisante
<ul style="list-style-type: none"> les éléments nutritifs sont assimilables très rapidement (ou selon un taux de libération prévisible dans le cas d'engrais améliorés) 	<ul style="list-style-type: none"> la période d'application est adaptable, de manière à correspondre aux prélèvements par la culture la surfertilisation au moyen d'engrais très solubles peut occasionner des dommages aux cultures
PRÉOCCUPATIONS	CONSÉQUENCES
<ul style="list-style-type: none"> les matières sont faites de ressources non renouvelables 	<ul style="list-style-type: none"> une écogestion judicieuse s'impose
<ul style="list-style-type: none"> certaines matières (p. ex. l'ammoniac anhydre) peuvent causer des blessures 	<ul style="list-style-type: none"> elles doivent être manipulées avec soin pour que l'application soit sécuritaire



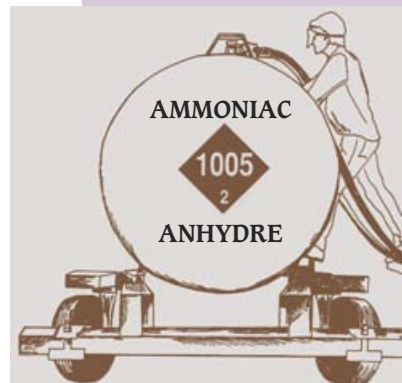
L'ammoniac anhydre est le premier produit résultant de la fabrication des engrais azotés.

La manipulation des matières azotées requiert de strictes mesures de sécurité.

Azote

La plupart des matières utilisées comme engrais azotés sont fabriquées à partir de l'azote gazeux contenu dans l'air et le gaz naturel. L'ammoniac anhydre (82 % N) est le premier produit issu de ce procédé. Toutes les autres matières azotées couramment utilisées sont ensuite fabriquées à partir de l'ammoniac.

Étant donné que le processus de fabrication de l'ammoniac est très simple, il coûte moins à l'unité d'azote que toute autre matière fertilisante azotée. Cependant, les frais liés à la sécurité et à sa manipulation sont plus élevés que pour d'autres matières azotées fertilisantes. (Pour obtenir une comparaison détaillée des matières azotées, consulter la publication 611F, *Manuel sur la fertilité du sol*, du ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario.)



Étapes de la fabrication des engrais azotés

gaz naturel	PLUS	azote gazeux	=	ammoniac anhydre (à 82 % de N)
ammoniac	PLUS	oxygène	=	acide nitrique
ammoniac	PLUS	dioxyde de carbone	=	urée (à 46 % de N)
ammoniac	PLUS	acide nitrique	=	nitrate d'ammonium (à 34 % de N)
nitrate d'ammonium	PLUS	urée	=	solution NAU (à 28–32 % de N)
	PLUS	eau		

La plupart des produits conçus pour améliorer l'efficacité d'absorption de l'azote retardent la libération d'ammonium et de nitrate, des formes solubles de l'azote. Ces produits appartiennent à l'un ou plusieurs des groupes suivants :

- **engrais à libération lente ou contrôlée** – matières contenant de l'azote sous une forme qui retarde sa biodisponibilité, de sorte que l'azote est disponible sur une plus longue période que l'azote provenant des engrais à base d'ammonium, de nitrate ou d'urée. La libération lente ou contrôlée de N est rendue possible par des enrobages de soufre ou de polymères (p. ex. ESN®) ou par l'incorporation dans des composés insolubles ou organiques.
- **inhibiteurs de l'uréase** – des substances qui empêchent l'enzyme uréase d'hydrolyser l'urée. Exemple : Agrotain®, dont l'effet inhibiteur sur l'uréase est attribuable au N-n-butyl-triamide de l'acide thiophosphorique (NBPT).
- **inhibiteurs de la nitrification** – des substances qui freinent l'oxydation biologique de l'ammonium en nitrate. Exemples : N-Serve® (nitrapyrine) et DCD (dicyandiamide).
- **engrais stabilisés** – engrais renfermant des substances qui protègent pendant un certain temps l'urée ou l'ammonium contre toute transformation. Exemple : SuperU®, un engrais azoté qui contient aussi bien le NBPT (inhibiteur de l'uréase) que le DCD (inhibiteur de la nitrification).

En général, l'ammoniac anhydre est l'engrais qui fournit une unité d'azote au plus bas prix.



Phosphore

La phosphorite (phosphate naturel) est insoluble dans l'eau et le phosphore qu'il renferme devient assimilable très lentement par les plantes (jusqu'à 100 ans et même plus). Les matières fertilisantes phosphorées courantes sont faites en traitant le phosphate naturel avec différents acides.

Les produits conçus pour améliorer l'efficacité d'absorption du phosphore y parviennent en retardant la fixation du P dans le sol. Il s'agit de matières organiques ou humiques, ou d'enrobages polymériques qui ralentissent la diffusion des granules vers les sites de fixation dans le sol. Exemple : phosphate de monoammonium (MAP) à formule 11-52-0 et à enrobage de copolymère composé de dérivés des acides itaconique et maléique. Il est commercialisé en Amérique de Nord sous la marque AVAIL.

Certains dépôts de phosphorite sont riches en métaux lourds, tels que le cadmium. La *Loi sur les engrais* (Canada) précise les teneurs maximales acceptables des engrais en ce qui concerne les métaux lourds, de sorte que l'application, pendant 45 ans, d'un engrais quelconque au taux maximum recommandé n'occasionnerait aucune hausse appréciable de la concentration d'un métal lourd dans le sol. La concentration en métaux lourds dans les dépôts de phosphate de la Floride est très basse.

Matières fertilisantes faites à partir de la phosphorite

La phosphorite plus l'acide sulfurique donnent :

- le superphosphate simple (0-20-0), ou acide phosphorique.

La phosphorite plus l'acide phosphorique donnent :

- le superphosphate triple (0-46-0).

L'acide phosphorique plus l'ammoniac donnent :

- le phosphate de monoammonium, MAP (11-52-0) ou phosphate diammonique, DAP (18-46-0).

L'acide superphosphorique et l'ammoniac donnent :

- les polyphosphates d'ammonium (11-37-0).



La phosphorite (phosphate naturel), qui est extraite surtout des mines situées dans le sud des États-Unis, le nord de l'Afrique et la Russie, est la source de presque tout le phosphore qu'on trouve dans les engrais.

La source de potassium la plus fréquente est le chlorure de potassium (muriate de potassium), à 60 % de K_2O . Il est extrait de mines exploitées en Saskatchewan, au Nouveau-Brunswick et aux États-Unis.

Potassium

Le chlorure de potassium (anciennement appelé muriate de potasse) demande peu de traitement : on broie le minerai en granules de chlorure de potassium et de chlorure de sodium, lesquels sont séparés par flottation dans une saumure.

Parmi les autres sources de potassium, notons :

- le sulfate de potassium (50 % de K_2O);
- le nitrate de potassium (44 % de K_2O);
- le sulfate de potasse et de magnésie (22 % de K_2O).



SOURCES ORGANIQUES

Il existe un bon nombre de matières organiques capables de fournir des éléments nutritifs aux terres cultivées. Ce sont, notamment, les résidus de cultures, les fumiers et les composts. Les biosolides et autres « matières de source non agricole » (MSNA) peuvent aussi être utilisés pourvu qu'ils soient approuvés par le ministère de l'Environnement de l'Ontario.

SOURCES ORGANIQUES D'ÉLÉMENTS NUTRITIFS

AVANTAGES

- contiennent de nombreux macro-éléments et oligo-éléments
- fournissent de la matière organique au sol
- fournissent des éléments nutritifs aux cultures pendant plusieurs années suivant l'application
- offrent la possibilité de boucler le cycle des éléments nutritifs en milieux urbain et rural

CONSÉQUENCES

- une bonne source de nombreux éléments nutritifs pour le sol
- améliore la structure du sol
- accroît la capacité de rétention des éléments nutritifs et de l'eau
- facilite le drainage
- les éléments nutritifs ne sont pas tous immédiatement assimilables; certains sont fixés sous des formes organiques
 - avec le temps, cette matière se décompose en des formes assimilables (inorganiques et solubles)
- les éléments nutritifs quittent la ferme sous forme de fruits, légumes, céréales et produits animaux de consommation humaine
- les éléments nutritifs organiques sous forme de biosolides d'épuration et de matières de source non agricole (MSNA) peuvent être retournés au sol
- la nécessité d'éliminer ces déchets en les enfouissant ou en les brûlant est réduite
- les sources d'éléments nutritifs organiques sont dorénavant jugées comme des ressources et non pas comme des déchets à éliminer
- pour des coûts minimes autres que le temps et l'énergie, la plupart de ces éléments nutritifs peuvent être appliqués avec de l'équipement facilement accessible



On ne doit pas ménager les efforts pour épandre le fumier uniformément. Pour de plus amples renseignements sur les PGO relatives à l'application, consulter le fascicule *Gestion des fumiers*, de la série « Les Pratiques de gestion optimales ».



L'ajout de matière organique au sol comporte de nombreux avantages. Toutefois, il ne faut pas négliger de faire analyser les matières organiques à appliquer de façon à savoir exactement ce qu'elles renferment. Pour plus de renseignements, voir page 73.

Nombre de machines utilisées pour appliquer le fumier et les biosolides acceptent une charge par essieu élevée, ce qui augmente les risques de compactage.



FUMIERS DE BÉTAIL

Bien que l'entreposage, la manutention et l'épandage du fumier puissent poser différents problèmes dans les exploitations d'élevage, le fumier constitue néanmoins une ressource importante. Les éléments nutritifs conservés à la ferme réduisent aussi bien le risque de dommages à l'environnement que les dépenses à engager pour l'achat d'engrais.

Teneur variable en éléments nutritifs

Le fumier se compose d'aliments non digérés, de litière, d'aliments gaspillés et/ou d'eau. Selon le type de bétail et la ration alimentaire, le fumier frais peut contenir :

- jusqu'à 80 % de l'azote présent dans l'aliment donné aux animaux;
- jusqu'à 75 % du phosphore présent dans l'aliment donné aux animaux;
- de 80 à 95 % du potassium présent dans l'aliment donné aux animaux.

Le tableau de la page 47 indique la teneur moyenne en éléments nutritifs de différents types de fumiers. À noter que la teneur réelle d'échantillons séparés peut représenter entre le dixième et le double de cette moyenne. Il ne faut jamais oublier la très grande plage des teneurs possibles du fumier en éléments nutritifs — l'utilisation de valeurs moyennes se traduit souvent par des applications d'éléments nutritifs qui ne répondent pas aux besoins des cultures.

La teneur en éléments nutritifs des matières organiques est habituellement exprimée en pourcentage au poids de la forme élémentaire (p. ex. % N, % P, % K).

Le phosphore et le potassium doivent être convertis respectivement en P_2O_5 et en K_2O .

La teneur en azote ammoniacal et en oligo-éléments est habituellement exprimée en milligrammes par kilogramme (mg/kg) ou en milligrammes par litre (mg/L).

Pour convertir :

- des mg/kg en lb/t. imp., diviser par 500 le nombre de mg/kg;
- des mg/L en lb/1000 gal imp., diviser par 100 le nombre de mg/L.

Une partie des éléments nutritifs dont recèle le fumier est extraite du cycle au moment de la récolte. Voir le tableau de la page 26.



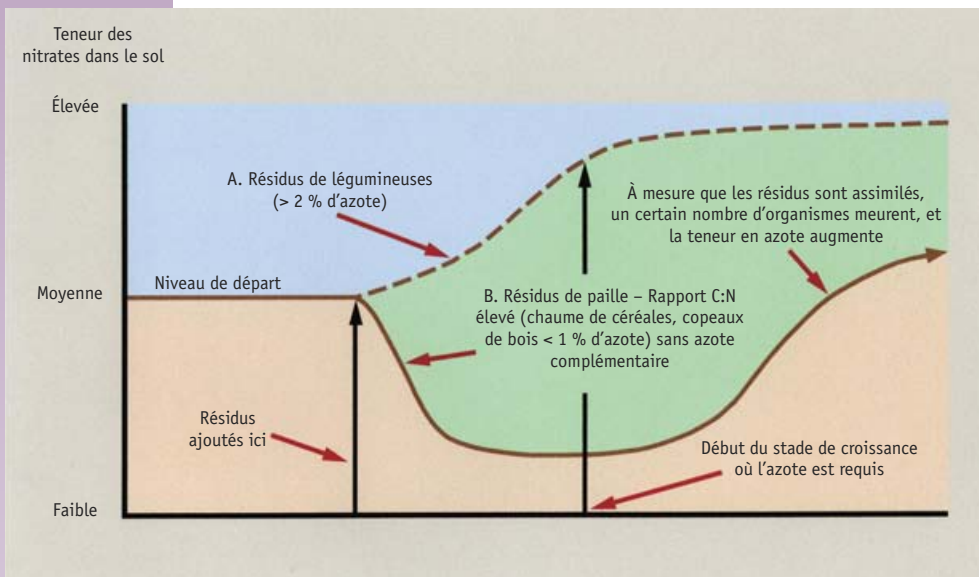
Seule l'analyse régulière du fumier permet d'en connaître la teneur en éléments nutritifs.

Eau

D'importantes quantités d'eau sont souvent ajoutées au fumier, intentionnellement ou autrement, par le nettoyage d'équipements, l'abreuvement des bêtes, la remontée de la nappe phréatique, les précipitations ou le ruissellement. Cette eau dilue la teneur en éléments nutritifs du fumier et augmente la quantité de matières à manipuler ainsi que le coût d'entreposage, de transport et d'épandage.

Litière

Par ailleurs, la litière augmente la teneur en matière organique du fumier mais réduit la concentration de la plupart des éléments nutritifs, en particulier de l'azote. La paille de céréales contient habituellement moins de 1 % d'azote; les copeaux de bois contiennent moins de 0,2 % d'azote. En décomposant ces matières, les micro-organismes du fumier et du sol mobilisent l'azote assimilable.



On voit ici l'effet produit sur la biodisponibilité de l'azote des nitrates par l'enfouissement de deux types de résidus de cultures. Lorsque des résidus de paille sont enfouis (B), les organismes du sol se multiplient rapidement et utilisent la plus grande part de l'azote minéral se trouvant dans le sol. Après quelques semaines, les nitrates commencent à réapparaître et atteignent de nouveau une teneur élevée. De leur côté, les résidus de légumineuses (A, ligne supérieure) font augmenter la teneur en azote des nitrates peu de temps après leur enfouissement.



Lorsque la concentration d'azote dans le sol est déjà faible, l'enfouissement de grandes quantités de litière, en particulier de copeaux de bois, peut réduire la quantité d'azote immédiatement assimilable par la culture.

TENEUR MOYENNE EN ÉLÉMENTS NUTRITIFS DES FUMIERS DE BÉTAIL

TYPE DE FUMIER	MATIÈRE SÈCHE	Total N ¹	NH ₄ -N	P ₂ O ₅ ²	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Mn	
												%
PORCS	liquide	3,8	0,40	0,265	0,13	0,17	0,12	0,06	0,06	85	30	22
	solide	29,8	0,90	0,258	0,47	0,56	s.o.	s.o.	0,14	172	103	s.o.
VOLAILLE	liquide	10,6	0,83	0,558	0,3	0,3	1,6	0,08	0,08	70	11	64
	solide	52,6	2,37	0,550	1,11	1,17	4,6	0,28	0,16	238	33	204
BOV. LAITIERS	liquide	8,5	0,36	0,153	0,09	0,24	0,49	0,14	0,04	48	17	40
	solide	24,2	0,61	0,128	0,17	0,50	1,54	0,36	0,08	95	29	107
BOV. DE BOUCHERIE	liquide	7,95	0,52	0,179	0,13	0,43	0,7	0,3	0,04	57	14	61
	solide	28,6	0,73	0,101	0,23	0,57	1,5	0,41	0,09	129	36	112
OVINS	solide	31,3	0,76	0,186	0,27	0,70	1,5	0,38	s.o.	170	20	140
CHEVAUX	solide	33,41	0,42	0,068	0,13	0,36	1,7	0,56	s.o.	73	23	113

Les données sur la composition des fumiers proviennent d'analyses effectuées par des laboratoires de l'Ontario entre 1992 et 2004. Les teneurs en oligo-éléments représentent un sous-ensemble de résultats plus petit.

¹ N total = N ammoniacal + N organique

² % P = phosphore total

Année de l'application – Azote

Au cours de l'année suivant l'application du fumier, les cultures ne peuvent absorber qu'une partie des éléments nutritifs appliqués.

ESTIMATION DE LA QUANTITÉ D'AZOTE ASSIMILABLE DU FUMIER

ANNÉE DE CULTURE	AZOTE ASSIMILABLE*
Année de l'application**	40-60 %
1 ^{re} année suivant l'application	1-4 %
2 ^e année	0,5-2 %
3 ^e année	0,2-1%

* exprimée en pourcentage de la quantité totale appliquée

** 80 % dans le cas du fumier liquide de volaille



Dans le cas du fumier de volaille, dont une plus grande part de l'azote est présente sous forme ammoniacale, 75–85 % de l'azote du fumier peut être assimilable au cours de la première année.

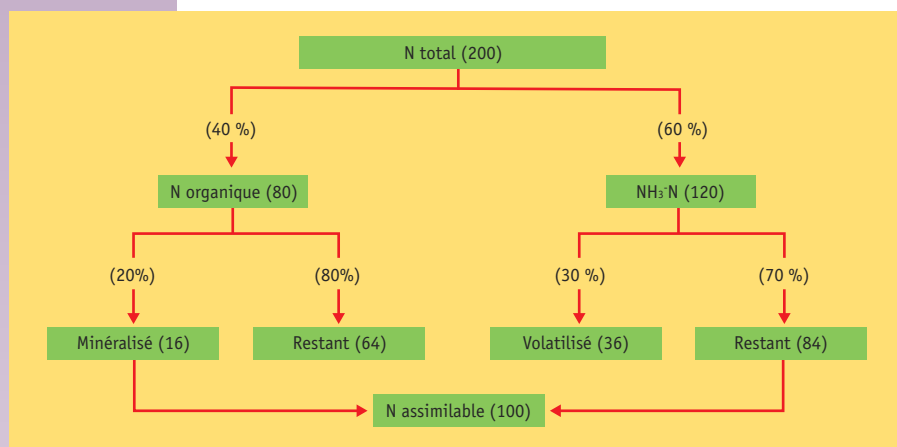
L'azote, sous forme d'ammonium, est immédiatement assimilable par les cultures mais, habituellement, au moins 30 % de cet azote s'échappe du sol. Jusqu'à 30 % de l'azote organique devient assimilable au cours de la première année de culture, selon le type de fumier et la quantité de litière utilisée.

Au mieux, 50 à 60 % de la quantité totale d'azote contenue dans le fumier est assimilable au cours de la première année de culture suivant l'application.

Année de l'application – Phosphore et potassium

Seulement 40 % du phosphore contenu dans le fumier devient assimilable sous forme de phosphore fertilisant au cours de l'année suivant l'application. Le reste du phosphore est absorbé par le sol et se reflétera dans les résultats de l'analyse de sol. Se référer aux résultats de l'analyse pour savoir sous quelle forme se présente le phosphore – disponible ou total. Les conséquences de cette forme sur les calculs du bilan nutritionnel sont importantes.

Le potassium est présent sous forme soluble, et 90 % de la totalité du potassium contenu dans le fumier est assimilable comme fertilisant au cours de l'année suivant l'application.



Au fur et à mesure que la matière organique du fumier se décompose pendant les années qui suivent l'application, elle continue de fournir de l'azote au sol.

RÉSIDUS DE CULTURES

En retournant les résidus de cultures dans le sol :

- on veille à ce qu'une partie des éléments nutritifs absorbés par la culture soit recyclée;
- on contribue à maintenir la teneur en matière organique du sol.

Les résidus laissés à la surface du sol ou près de la surface aident également à réduire l'érosion du sol.

La série des « Pratiques de gestion optimales » offre un fascicule complet consacré au semis direct.

CULTURE PRÉCÉDENTE	AZOTE (LB/AC)
Fourrage établi – moins de 1/3 en légumineuses	0
Fourrage établi – 1/3–1/2 en légumineuses	49
Fourrage établi – plus de 1/2 en légumineuses	100
Légumineuses vivaces enfouies dans l'année des semis	40
Maïs après l'enfouissement de trèfle rouge	73
Maïs après du trèfle rouge (semis direct)	60
Maïs après du soya ou des haricots comestibles	27
Maïs après du maïs à ensilage	12
Maïs après des céréales (paille récoltée)	11
Autres cultures	0



Les résidus de céréales et de gazons sont habituellement pauvres en azote. Comme les micro-organismes du sol requièrent de l'azote pour décomposer de telles matières, la quantité d'azote disponible pour les cultures en croissance peut se trouver temporairement déficiente après l'incorporation de quantités importantes de ces résidus dans le sol.

L'azote capté dans l'air par certaines légumineuses, en particulier les espèces fourragères, peut accroître considérablement l'apport de cet élément nutritif dans le

AUTRES MATIÈRES DE SOURCE AGRICOLE

On trouve aussi des éléments nutritifs dans d'autres matières résiduelles de la ferme, telles que eaux de lavage, eaux de ruissellement provenant de cours d'élevage ou d'entrepôts d'aliments, percolats de serres ou de pépinières.

On devrait considérer ces matières agricoles comme une ressource et les utiliser de manière à tirer profit de leurs avantages.



Les éléments nutritifs contenus dans les eaux de lavage doivent faire l'objet d'une bonne gestion.



En Ontario, l'application de biosolides d'épuration passe par l'approbation préalable du ministère de l'Environnement.

Pour de plus amples renseignements sur l'utilisation des biosolides d'épuration, consulter la publication *Guidelines for the Utilization of Biosolids and Other Wastes on Agricultural Lands* (en anglais seulement) produite par le ministère de l'Environnement de l'Ontario.

MATIÈRES DE SOURCE NON AGRICOLE (MSNA)

BIOSOLIDES D'ÉPURATION

Les biosolides d'épuration sont issus d'usines de traitement d'eaux d'égouts municipales. Ces matières peuvent aussi représenter un amendement de grande valeur pour les terres cultivées.

Des restrictions ont été fixées concernant les périodes et sites d'épandage de biosolides d'épuration et d'autres MSNA afin de réduire au minimum les risques de ruissellement de ces matières tout en tirant le meilleur parti possible des éléments nutritifs qu'elles contiennent. Le ministère de l'Environnement de l'Ontario doit approuver tout site d'épandage avant qu'on puisse y appliquer des biosolides d'épuration.

Il doit s'écouler une certaine période entre le moment de l'application de biosolides et celui de la récolte de cultures fourragères ou fruitières afin que les risques de contamination soient réduits.

Les déchets non traités provenant de fosses septiques, de fosses de décantation et de bassins de rétention ne peuvent pas être épandus sur une terre cultivée sans autorisation préalable du ministère de l'Environnement de l'Ontario.

Parmi les facteurs pris en compte afin qu'on autorise l'application de MSNA sur un site quelconque, mentionnons :

- la teneur en phosphore du sol telle que révélée par analyse,
- le pH du sol,
- la pente du champ,
- la teneur en matière organique du sol,
- la classe de drainage naturel,
- l'épaisseur du sol au-dessus de la roche-mère,
- l'accumulation de neige et la pénétration du gel,
- la profondeur de la nappe phréatique et de la roche-mère, et la distance à tout puits, à tout cours d'eau et à toute habitation.

Les biosolides d'épuration constituent une bonne source de nombreux éléments nutritifs, à l'exception du potassium. Étant donné que les concentrations de phosphore et de zinc dans les biosolides sont souvent élevées, ces matières peuvent s'avérer un excellent moyen de corriger les carences de ces éléments nutritifs dans le sol.

Par contre, la teneur élevée en phosphore signifie aussi que les sols recevant des biosolides d'épuration peuvent se retrouver rapidement avec des teneurs en phosphore excessives.

En Ontario, la plupart des biosolides sont produits par digestion anaérobie. Ils contiennent 3–9 % d'azote (poids sec), dont 30–40 % sous forme d'ammonium.

Les biosolides déshydratés contiennent beaucoup moins d'azote (~ 4 % en poids sec), car une grande partie de l'azote soluble est éliminée avec l'eau.

EXEMPLE D'ANALYSE DE BIOSOLIDE D'ÉPURATION DE SOURCE ANAÉROBIE*

Solides totaux	3 %
pH	7,1

Teneur en éléments nutritifs

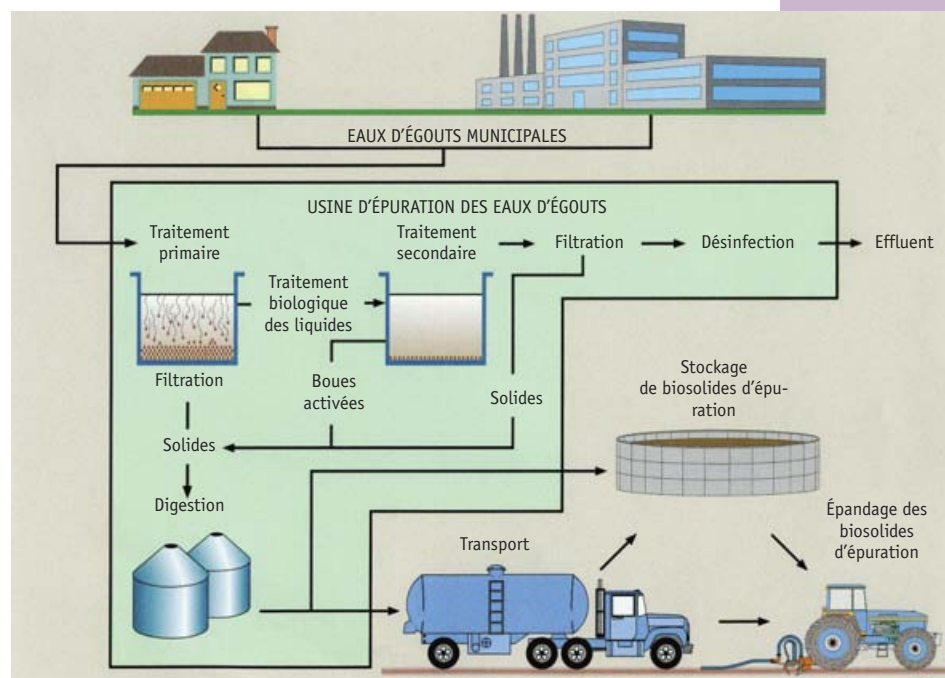
phosphore total	3,67 % **
azote total	6,5 % **
azote ammoniacal	2,3 % **
zinc	500 mg/kg
potassium	traces

* On fait aussi des analyses pour déterminer leur teneur en arsenic, en cadmium, en cobalt, en chrome, en cuivre, en mercure, en molybdène, en nickel, en plomb et en sélénium.

** Pourcentage en poids sec

En outre, la teneur en azote des biosolides d'épuration aérobies est également inférieure à celles des biosolides anaérobies. Une grande partie de l'azote assimilable des biosolides aérobies se trouve sous forme organique.

Des directives portant sur les taux d'application des biosolides d'épuration ont été établies afin de réduire le risque de contamination du sol par des métaux. Les biosolides sont analysés régulièrement (voir page 53) afin qu'on en détermine la teneur en 11 métaux différents; ceux dont la teneur en un métal excède la norme ne peuvent pas être appliqués sur des terres cultivées.



Les biosolides d'épuration provenant d'usines de traitement des eaux d'égouts municipales constituent une bonne source d'éléments nutritifs pour les terres cultivées.

Métaux lourds

Ce terme est utilisé librement pour désigner un groupe d'éléments chimiques – principalement des métaux ayant un poids atomique élevé – qui sont préoccupants pour l'environnement. Quand ils se trouvent à des concentrations suffisantes, ces éléments peuvent nuire à la santé des humains et des animaux ou ralentir la croissance des végétaux. À noter que certains de ces éléments sont des éléments nutritifs indispensables à de plus faibles concentrations. L'effet nocif de ces éléments peut se manifester par une toxicité directe ou par le tort indirect qu'ils occasionnent en faisant concurrence à un autre élément nutritif essentiel, privant ainsi les plantes de cet élément.

Voici les onze métaux réglementés en Ontario :

• Arsenic	As	• Chrome	Cr	• Molybdène	Mo	• Sélénium	Se
• Cadmium	Cd	• Cuivre	Cu	• Nickel	Ni	• Zinc	Zn
• Cobalt	Co	• Mercure	Hg	• Plomb	Pb		

Il est assez habituel de rencontrer des métaux lourds dans le sol. Cependant, ils peuvent s'y trouver à des niveaux anormalement élevés à cause d'épandages antérieurs de biosolides, de déchets industriels ou de produits antiparasitaires. Parmi les onze métaux lourds qui font l'objet d'une réglementation, quatre sont indispensables aussi bien pour les plantes que pour les animaux, et trois autres sont indispensables pour les animaux. Par ailleurs, il est possible qu'à des niveaux supérieurs à ceux considérés comme essentiels, ces éléments stimulent la croissance. Des concentrations élevées dans le fumier peuvent être attribuables à l'ajout dans les aliments pour animaux de suppléments riches en ces éléments. On a longtemps relié les fortes teneurs en métaux lourds des biosolides d'épuration aux déchets industriels, mais aujourd'hui une sévère réglementation des eaux vannes a presque éliminé cette source de contamination dans la majorité des municipalités. Il est donc interdit d'appliquer sur des terres tout biosolide dont la teneur en n'importe lequel des métaux réglementés dépasse les limites autorisées.

Pour obtenir des renseignements à jour sur les aspects réglementaires de l'utilisation de biosolides d'épuration ou matières de source non agricole (MSNA) aux termes de la *Loi de 2002 sur la gestion des éléments nutritifs*, veuillez consulter le site <http://www.omafr.gov.on.ca/french/agops/index.html>.



Les biosolides d'épuration contribuent de la matière organique et des éléments nutritifs au sol. Il faut suivre à la lettre les directives concernant la manutention et l'application des biosolides.

AUTRES SOURCES D'ÉLÉMENTS NUTRITIFS PROVENANT DE L'EXTÉRIEUR

La société produit une vaste gamme de déchets, notamment des feuilles d'arbres, des ordures ménagères, des copeaux de bois, du papier, de la pulpe et des rebuts de la transformation alimentaire. Bon nombre de ces matières pourraient profiter au sol comme sources de matières organiques et d'éléments nutritifs. Certains déchets, comme la poudre de four à chaux, peuvent également servir à corriger le pH des sols, lorsque cela s'avère nécessaire.

La teneur en éléments nutritifs des déchets dépend du type de matière dont ils proviennent. Ceux qui sont dérivés des feuilles d'arbres, du papier ou du bois sont habituellement pauvres en azote et peuvent nécessiter un apport complémentaire d'azote pour ne pas occasionner une telle carence dans les cultures.

En raison du risque de contamination du sol et de l'environnement, seuls les déchets approuvés par le ministère de l'Environnement de l'Ontario peuvent être appliqués sur les sites approuvés.

Avant qu'une matière ne soit approuvée, l'agriculteur doit prouver :

- que les éléments nutritifs ou la matière organique qu'elle contient profiteront à la culture ou au sol;
- qu'elle ne présente aucun risque pour les cultures, les sols, les personnes, les animaux ou l'environnement.

Les autres directives portant sur l'utilisation de MSNA sur les terres cultivées sont similaires à celles régissant les biosolides d'épuration. (Consulter le document intitulé *Guidelines for the Utilization of Biosolids and Other Wastes on Agricultural Lands.*)



D'autres sources comme les biosolides issus de papeteries peuvent fournir au sol de la matière organique et des éléments nutritifs.