

# PGO INDIQUANT LES BESOINS EN ÉLÉMENTS NUTRITIFS

Une mauvaise méthode d'échantillonnage peut rendre les résultats peu fiables. Ce chapitre décrit la bonne façon de prélever des échantillons et d'interpréter les résultats.

« Appliquer de l'engrais chaque année, sans une analyse de sol, revient à ajouter un litre d'huile dans le carter avant de démarrer le tracteur, chaque fois. Au mieux, vous gaspillez quelques dollars. Au pire, vous endommagez le moteur (votre sol), ou vous déversez le surplus à un endroit indésirable. »

– Keith Reid,  
spécialiste de la  
fertilité des sols,  
MAAARO



## ANALYSES PORTANT SUR LES ÉLÉMENTS NUTRITIFS ET INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

- ✓ Déterminer par analyse la concentration des éléments nutritifs afin de régler correctement les taux d'épandage de fumier et d'engrais.

Ce chapitre fournit des renseignements sur :

- ▶ les méthodes de prélèvement et de manipulation des échantillons;
- ▶ les différents types d'analyse possibles;
- ▶ les avantages et inconvénients de plusieurs modes d'interprétation des résultats d'analyse.

On comprendra l'importance des analyses de sols pour atteindre les objectifs suivants :

- ▶ améliorer la croissance des cultures et leur résistance à la verse;
- ▶ voir l'évolution des teneurs en éléments nutritifs dans le temps;
- ▶ accroître la tolérance des cultures aux insectes et aux maladies;
- ▶ améliorer la maturité et la qualité des cultures récoltées;
- ▶ s'assurer des rendements optimaux;
- ▶ améliorer la rentabilité;
- ▶ protéger l'environnement.

Qu'il s'agisse de fertilité du sol, de pH, de concentrations des nitrates, de tissus végétaux, de fumier ou d'autres matières organiques, demander une analyse en premier lieu. Les carences en éléments nutritifs causent une baisse des rendements et des profits. Les excès sont un gaspillage d'énergie, de temps et d'argent, sans compter qu'on risque de polluer l'environnement.

L'échantillonnage demande du temps et de l'argent, mais les analyses elles-mêmes ne coûtent relativement pas cher. Par exemple, il n'en coûterait que 0,25 \$/acre/an (env. 0,60 \$/ha/an) pour un champ de 20 acres (8 ha) qui serait échantillonné une fois par trois ans, au prix de 15 \$/analyse.

## ANALYSE DE SOL

**La meilleure façon d'évaluer la fertilité d'un sol consiste à effectuer une analyse de sol approuvée par le MAAARO.** Il est impossible prendre de bonnes décisions sur l'application des éléments nutritifs sans d'abord connaître la teneur du sol en éléments nutritifs disponibles. Les analyses de sol sont aussi le seul moyen fiable de déterminer le pH du sol.

- ✓ **faire analyser le sol de chaque champ au moins une fois tous les trois ans.** Les sols sableux nécessitent probablement une analyse plus fréquente, puisque leur teneur en éléments nutritifs et leur pH peuvent changer plus rapidement.

(L'analyse du sol portant sur l'azote des nitrates fait exception : voir page 62).

L'analyse de sol ne constitue pas une mesure exacte de la fertilité du sol, mais elle en offre toutefois la meilleure estimation possible. L'analyse repose sur la réaction de certains produits chimiques avec les éléments nutritifs capables d'être absorbés par les plantes dans l'échantillon de sol. La méthode utilisée dans les analyses de sol ordinaires (phosphore, potassium, magnésium et pH) approuvées par le MAAARO est bien définie et donne des résultats constants. D'autres analyses approuvées permettent de déterminer la teneur du sol en zinc, en manganèse et en azote des nitrates.

Pour la plupart des autres éléments nutritifs, aucune méthode d'analyse n'existe qui permette de faire des recommandations fiables de doses d'engrais à utiliser sur les sols de l'Ontario.

Des analyses de sols régulières facilitent la surveillance des teneurs en éléments nutritifs des champs et la tenue de dossiers. Il faut contacter le laboratoire aussitôt que possible lorsque les résultats d'une analyse pour un champ donné diffèrent beaucoup de la tendance habituelle, afin que l'échantillon soit analysé à nouveau.

L'analyse de sol comprend trois étapes :

1. l'échantillonnage du sol;
2. l'analyse proprement dite;
3. l'interprétation des résultats



**Le plan de gestion des éléments nutritifs passe d'abord et avant tout par l'analyse de sol.**

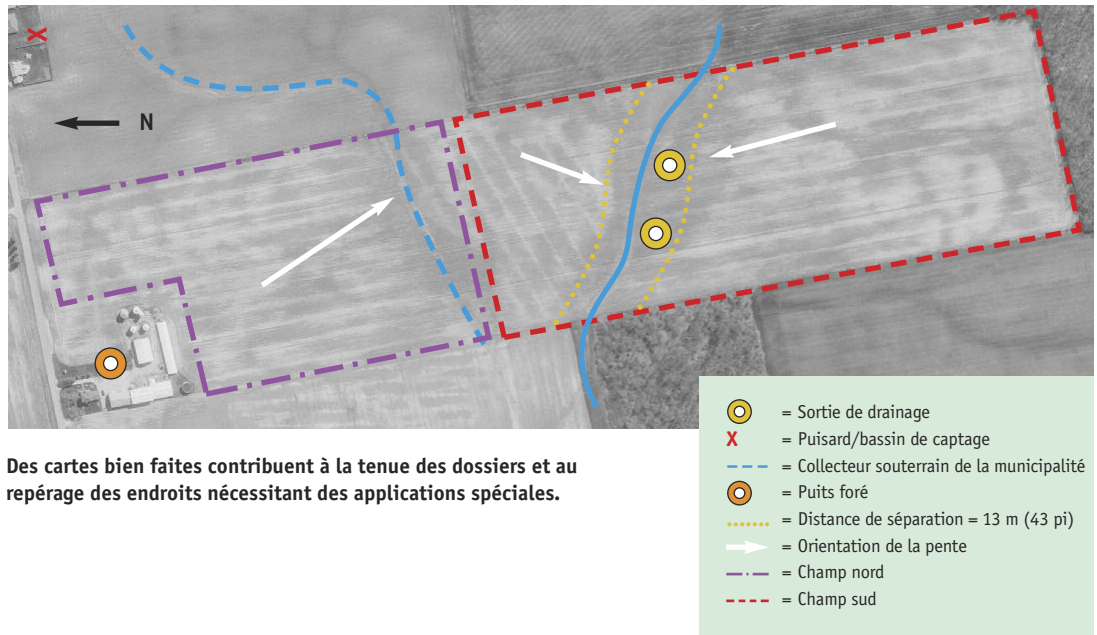
## ÉCHANTILLONNAGE DU SOL

**L'inexactitude des résultats d'analyse est habituellement attribuable à une erreur ou une négligence dans l'échantillonnage ou dans la préparation de l'échantillon.** Voici comment procéder.

Planification de l'échantillonnage

- ✓ **Indiquer sur une carte de sol tous les points à échantillonner** et attribuer à chacun un numéro permanent qu'on utilisera toutes les fois qu'on prélève des échantillons dans le champ.
- ✓ **Géoréférencer les points d'échantillonnage dans les champs où l'on épandra des matières de source non agricole (MSNA)** – les coordonnées GPS d'un coin du champ, ainsi que la direction et la distance de ce coin jusqu'à l'endroit échantillonné constituent le minimum de renseignements exigés.
- ✓ **Délimiter les endroits à échantillonner séparément.**
- ✓ **Marquer sur des cartes toutes les caractéristiques pertinentes des champs à échantillonner**, p. ex. pentes, cours d'eau et limites antérieures du champ.
- ✓ **Garder un registre pour chaque champ** des cultures faites chaque année et des résultats d'analyse de sol passées.

En gestion des éléments nutritifs, on gagne toujours à tenir de bons dossiers sur les cultures faites dans chaque champ, à chaque année, et sur les résultats des analyses de sols passées.



Voici comment prélever un échantillon de sol.

### Étape 1



Prendre des carottes de 6 po seulement. Il est important que la profondeur soit constante.

### Étape 2



Prélever au moins une carotte par acre (2,5 carottes/ha) en des points choisis au hasard dans le champ. Il est recommandé que chaque échantillon composite représente 25 acres (10 ha) au maximum, afin que les variations de fertilité soient prises en compte dans chaque champ et d'un champ à l'autre.



### Étape 3



Utiliser un seau de plastique propre.

### Étape 4



Briser les mottes de terre.

### Étape 5



Déposer les échantillons bien mélangés dans un sac à échantillon propre, dans le champ.

### Étape 6



Marquer chaque échantillon avec une étiquette portant le nom du champ.



Le prélèvement des échantillons quand le sol est friable et se mélange uniformément donne des résultats sur lesquels on peut se fier.

### *Époque de l'échantillonnage*

- ✓ **Prélever les échantillons quand le sol est assez sec pour s'effriter facilement et bien se mélanger**
  - ▶ puisque seulement quelques grammes de sol sont utilisés au laboratoire, il est impératif que le mélange soit uniforme.
- ✓ **Faire sécher à l'air tout échantillon qui est trop humide pour se mélanger facilement;** procéder ensuite au mélange
  - ▶ ne jamais faire chauffer un échantillon pour en enlever de l'humidité, parce que la chaleur peut influencer sur la disponibilité de plusieurs éléments nutritifs.
- ✓ **Dans la mesure du possible, effectuer l'échantillonnage à la même époque de l'année et au même stade dans la rotation culturale,** le cas échéant
  - ▶ chez de nombreuses exploitations, un échantillonnage après la récolte du blé dans une rotation maïs/soya/blé est simple à effectuer et facile à se rappeler, sans compter que les résultats d'analyse sont reçus bien assez tôt pour qu'on puisse planifier le programme de fertilisation.

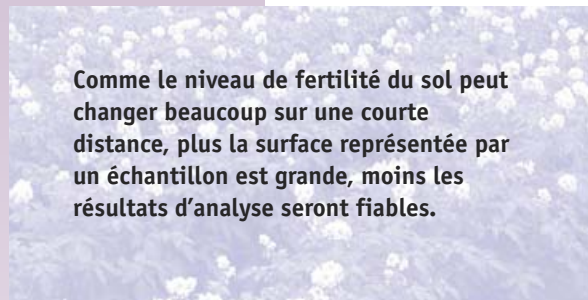
Se référer à la section sur les nitrates du sol pour connaître les exigences spécifiques aux analyses portant sur les nitrates du sol.

### *Équipement*

- ✓ **Utiliser un tube de prélèvement**
  - ▶ le tube facilite le prélèvement et donne des carottes de sol prélevées à la profondeur recherchée, uniformément et sans ennui – habituellement à 15 cm (6 po).

Les tubes de prélèvement de sol sont en vente chez un grand nombre de fournisseurs agricoles et chez certains bureaux locaux de l'Association pour l'amélioration des sols et des récoltes.

- ✓ **Rassembler les carottes dans un seau propre en acier inoxydable ou en plastique**
  - ▶ ne pas utiliser de seaux en métal galvanisé parce que le revêtement contaminerait l'échantillon avec des oligo-éléments
  - ▶ éviter les seaux ayant contenu des produits chimiques (p. ex. nettoyants), car les phosphates trouvés dans les résidus de détergents sont également susceptibles de contaminer l'échantillon.



Comme le niveau de fertilité du sol peut changer beaucoup sur une courte distance, plus la surface représentée par un échantillon est grande, moins les résultats d'analyse seront fiables.



On peut prélever les échantillons avec une pelle ou une truelle, mais un tube de prélèvement est plus commode.



Les zones érodées devraient être échantillonnées individuellement.

### Schéma d'échantillonnage

L'échantillon doit être représentatif de la surface choisie.

- ✓ **Recueillir au moins 20 carottes**, même dans les petits champs.
- ✓ **Prélever au moins 2 carottes par hectare** (soit 1 carotte par acre), en couvrant au hasard toute la surface.
- ✓ **Limiter chaque échantillon à 10 hectares** (25 acres) au maximum.

Diviser les plus grands champs en zones de superficie adéquate, lesquelles pourront être traitées séparément si nécessaire.

✓ **Éviter de prélever des carottes dans les endroits suivants :**

- ▶ bandes de fertilisation des années précédentes et mottes de fumier ou de résidus de cultures;
- ▶ endroits où du fumier, de l'engrais ou de la chaux étaient gardés en tas;
- ▶ anciennes bordures de champs ou d'enclos de ferme;
- ▶ dérayures ou surfaces sévèrement érodées;
- ▶ surfaces bordant un chemin.

### Échantillonnage dans les champs à fertilité variable

Les champs où l'on trouve d'importantes variations dans la fertilité posent problème autant pour l'échantillonnage que pour la fertilisation. Les échantillons qui représentent en moyenne l'ensemble du champ peuvent entraîner la surfertilisation en certains endroits et, à l'opposé, une carence d'éléments nutritifs ailleurs.

Les applications d'engrais ou de fumier antérieures ont les plus grandes répercussions sur les analyses de sols courantes, un phénomène qui reflète habituellement les limites de champs.

- ✓ **Dans les endroits qui, déjà, étaient divisés en plusieurs petits champs, prélever un échantillon distinct dans chacun des anciens champs et soumettre chaque échantillon séparément.**



Diviser les grands champs en petites zones aux fins de l'échantillonnage.

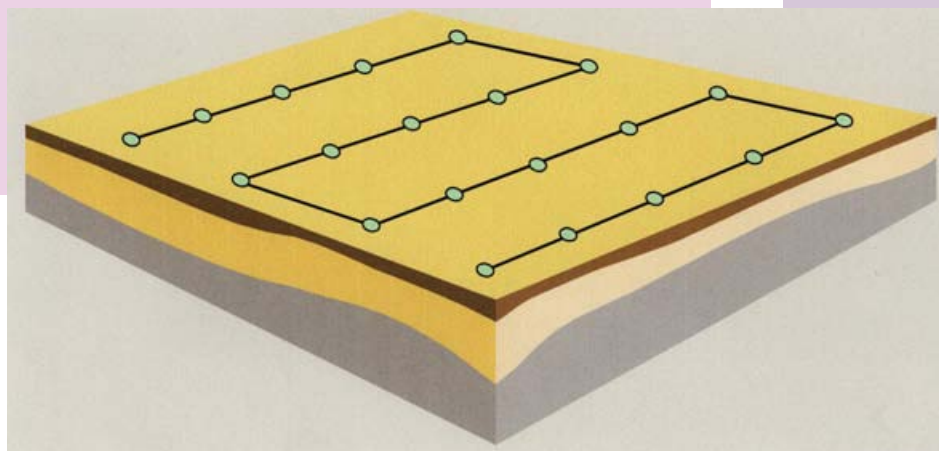


Dans les champs à fertilité variable, échantillonner séparément les sols de types différents, dans la mesure du possible.

### Échantillonnage en grille

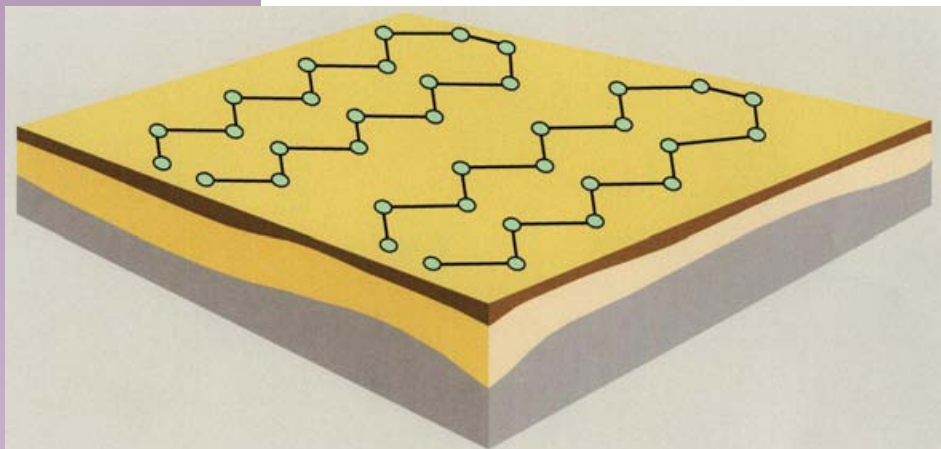
Dans certaines régions de l'Ontario, on fait les prélèvements selon une grille. Les échantillons sont prélevés à intervalles réguliers, et les résultats d'analyse sont saisis dans un ordinateur afin de produire une carte montrant les variations de fertilité à travers le champ. La carte est ensuite utilisée par l'opérateur d'un épandeur à débit variable pour appliquer les doses requises d'engrais dans tout le champ.

Voici ce à quoi ressemble l'échantillonnage en grille dans un champ.





Il est plus difficile de choisir les taux d'application eu égard à la variabilité naturelle car elle manque d'uniformité et se révèle souvent imprévisible. Le pH du sol et la teneur du sol en azote des nitrates, en particulier, sont susceptibles de changer avec le relief et la texture du sol. Si des zones d'un champ se démarquent facilement et qu'elles peuvent être fertilisées séparément, il vaut mieux prélever un échantillon distinct dans chaque zone.



Autrement, la meilleure approche est la suivante :

- Échantillonner l'ensemble de la surface au hasard.
- Prendre des échantillons distincts aux endroits où la culture laisse à désirer et présenter ces échantillons séparément.

**Faire les prélèvements selon un tracé en zigzag de manière à couvrir la surface uniformément.**

### *Soumission des échantillons*

Après avoir prélevé suffisamment de carottes, passer aux étapes suivantes.

1. Mélanger parfaitement les échantillons individuels pour former un échantillon composite.
2. Remplir la boîte à échantillon avec ce mélange.
3. Soumettre l'échantillon au laboratoire de son choix

- pour des renseignements sur les laboratoires d'analyse, consulter un bureau régional du MAAARO ou le site Web du ministère (voir la dernière page de couverture);
- pour des résultats reliés à la recherche ou aux recommandations sur la fertilisation en Ontario, exiger une analyse approuvée auprès d'un laboratoire accrédité.

## **ANALYSE PORTANT L'AZOTE DES NITRATES EN ONTARIO**

Certains sols diffèrent grandement quant à leur capacité à fournir de l'azote aux cultures.

La quantité d'azote des nitrates dans le sol au moment des semis ou de la fertilisation en bandes est parfois un bon indice de sa capacité à fournir de l'azote.

En règle générale, plus la teneur du sol en azote des nitrates est élevée, moins importante est la quantité d'azote à fournir pour obtenir des rendements optimaux. La concentration d'azote dans le sol peut changer brusquement pendant la période de prélèvement des échantillons avant la fertilisation en bandes, de sorte qu'on devrait prendre en compte les conditions climatiques au moment l'échantillonnage pour faire une interprétation juste des résultats d'analyse.



**L'analyse de la teneur en azote des nitrates dans les champs de maïs contribue à réduire les risques de contamination des eaux souterraines par des concentrations élevées de nitrates.**

Il est utile de déterminer la teneur du sol en azote des nitrates par analyse dans les cas suivants :

- ▶ des cultures exigeant des quantités d'azote relativement importantes;
- ▶ des cultures sujettes à la verse causée par des teneurs élevées en azote;
- ▶ des champs sur lesquels on a épandu régulièrement du fumier ou d'autres matières riches en azote;
- ▶ des champs dans lesquels le lessivage (sols sableux ou graveleux) ou la dénitrification (sols au drainage mauvais ou imparfait) peuvent entraîner la perte d'azote.

Au moment de l'impression, seuls le maïs et l'orge de printemps pouvaient bénéficier de recommandations du MAAARO basées sur les résultats d'analyse portant sur l'azote des nitrates.

### ***Procédure d'échantillonnage pour les analyses de sol portant sur l'azote des nitrates***

Pour des recommandations détaillées sur le prélèvement, la manutention et la soumission d'échantillons de sol en vue d'une analyse portant sur l'azote des nitrates, consulter la publication 811F du MAAARO, *Guide agronomique des grandes cultures*.

La profondeur de prélèvement est cruciale. L'azote des nitrates est encore plus mobile dans le sol que le phosphore et le potassium. Les échantillons prélevés à seulement 15 cm (6 po) de profondeur ne donnent pas des résultats fiables sur la concentration de l'azote des nitrates.

#### **✓ Prendre un échantillon de sol séparé, plus en profondeur (30 cm, 1 pi) pour les analyses portant sur l'azote des nitrates.**

Mise en garde : L'action microbienne peut changer la teneur en nitrates de l'échantillon s'il n'est pas manipulé de façon adéquate.

- ✓ Refroidir ou congeler l'échantillon aussitôt que possible.
- ✓ Emballer l'échantillon dans un matériau isolant au moment de son expédition vers le laboratoire
  - ▶ on peut faire sécher à l'air l'échantillon en l'étalant en une mince couche sur une feuille de plastique pendant 1–2 jours.

Dans certaines circonstances, on devrait modifier les recommandations d'azote résultant d'une analyse portant sur l'azote des nitrates. C'est le cas, par exemple, du fumier, de légumineuses ou d'autres matières organiques épandus ou enfouis tard en automne ou en début de printemps dans lesquels l'azote n'a pas été converti en nitrate et n'a pas été décelé lors de l'analyse de sol. Des renseignements sur la façon d'ajuster les recommandations en conséquence seront fournis avec les résultats d'analyse.

Aucune recommandation fondée sur les résultats d'analyse portant sur l'azote des nitrates n'a encore été évaluée adéquatement dans les cas suivants :

- ▶ des légumineuses ou du fumier ont été enfouis en fin d'été, à l'automne ou en début de printemps;
- ▶ une culture est mise en terre par semis direct après une culture de légumineuse pérenne.

Pour les analyses portant sur l'azote des nitrates, l'échantillonnage se fait plus profondément que pour les autres analyses de sol.



Les analyses faites sur des échantillons prélevés en début de printemps pourraient ne pas révéler la présence de nitrates dans les matières organiques appliquées à l'automne.



## Les Laboratoires d'analyses de sols accrédités par l'Ontario Ltée

### Rapport d'analyse de sol

Rapport n° 62269 destiné à J. Lebrun  
Reçu le 10/09/08  
Imprimé le 15/09/08

Le pH du sol indique s'il y a lieu d'épandre de la chaux.

Les analyses portant sur l'azote des nitrates nécessitent des échantillons séparés, pris plus en profondeur.

Valeurs analytiques						mg/kg	milligrammes par	
N°	Identité du champ	N° assigné par le labo	pH	pH tampon	M. O. (%)	NO <sub>3</sub> -N	NaHCO <sub>3</sub>	P Bray
1	champ 1, ½ nord	998701	7,1		3,5		28 H	
2	champ 1, ½ sud	998702	7,2		3,2		33 TH	
3	champ 2, ½ nord	998703	6,9		4,0		35 TH	
4	champ 2, ½ sud	998704	5,7	6,8	2,8		25 H	
5	champ 3, ½ nord	998705	7,0		3,8		14 M	
6	champ 3, ½ sud	998706	7,1		3,3		26 H	
7	champ 1, butte érodée	998707	7,6		1,8		50 TH	

L'identité du champ est indispensable pour associer les résultats aux bons sols.

Il est recommandé de chauler les sols dont le pH révèle que la culture a besoin d'un milieu moins acide pour bien se développer. La dose est indiquée par le pH tampon.

Culture prévue :	Identité du champ	Dose d'engrais recommandée (kg/ha)					Chaux recommandée (t/ha)
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Mn	Zn	
Maïs*							
1	champ 1, ½ nord	100*	20	0			0
2	champ 1, ½ sud	100*	0	0			0
7	champ 1, butte érodée	100*	0	0	0	4	0
Luzerne établie							
3	champ 2, ½ nord	0	0	0			0
4	champ 2, ½ sud	0	20	0			2
Soya							
5	champ 3, ½ nord	0	20	30			0
6	champ 3, ½ sud	0	0	0			0

\*Se référer au logiciel de calcul de N pour le maïs pour obtenir des recommandations précises pour un sol en particulier, un certain niveau de rendement et les conditions prévalant pendant la culture précédente.

La plupart des analyses  
sur les oligo-éléments  
ne donnent pas des résultats  
concluants. Pour le manganèse et  
le zinc, l'analyse est reliée à la  
teneur du sol en P pour établir  
les recommandations de disponibilité.

La saturation en bases  
est estimée à partir de  
la teneur en cations mesurée.  
Elle n'influe pas sur les  
recommandations d'engrais.

litre de sol (ppm)										
K	Mg	Ca	Texture	Mn		Zn		Saturation en bases (%)		
				ppm	indice	ppm	indice	K	Ca	Mg
187 TH	112	2049	M					4,1	8,0	87,9
220 TH	167	2236	M					4,3	10,6	85,1
210 TH	127	1242	M					6,0	11,8	68,9
175 TH	158	897	C					5,2	15,2	51,8
108 TH	118	2710	F					1,9	6,6	91,5
160 TH	120	2814	F					2,7	6,5	90,9
235 TH	150	3257	M	2,5	14	1	14	3,3	6,9	89,8

## DIFFÉRENTES MÉTHODES MENANT À DES RECOMMANDATIONS DE FERTILISANTS

Les producteurs peuvent recevoir des recommandations de fertilisants bien différentes selon les laboratoires qui les ont faites, à partir d'échantillons pourtant identiques. L'écart entre les recommandations s'explique en partie par l'utilisation de protocoles d'analyse différents. Toutefois, une grande part de l'écart est attribuable à la façon dont on interprète les résultats. La méthode choisie devrait correspondre au potentiel de rendement de la culture en question, au sol, et à la gestion de l'exploitation.

Dans la présente section, on examinera les principes directeurs de certaines méthodes couramment utilisées en Ontario pour faire des recommandations. On en profitera pour souligner les atouts et les faiblesses de chaque méthode.

En gros, il existe deux principales méthodes de gestion des éléments nutritifs. Les deux sont fondées sur les teneurs en éléments nutritifs qui ont été révélées par analyse. Ce sont : la méthode du **niveau de suffisance** et celle du **rehaussement et du maintien de l'état de fertilité**.

### NIVEAU DE SUFFISANCE

L'objectif visé par la méthode fondée sur le niveau de suffisance est de maximiser les produits nets résultant des coûts de la fertilisation pendant l'année en cours. Pour qu'une matière fertilisante montre un profit, son apport doit entraîner une réponse de rendements assez grande pour compenser le coût de la fertilisation. En d'autres termes, l'engrais doit occasionner un rendement supplémentaire qui n'existerait pas sans lui.

Il s'ensuit que les teneurs en éléments nutritifs sont habituellement maintenues dans la plage inférieure, où la réponse de la culture est attendue.

Cette méthode n'est liée à aucun engagement financier à long terme. On veut que la fertilisation se traduise en un profit pendant la même saison de croissance. Il y a donc risque de pertes de rendements potentiels dues à une sous-fertilisation.

C'est la raison pour laquelle, on adoptera cette méthode de gestion sur les terres louées à court terme ou lorsque les disponibilités financières sont limitées et qu'aucune immobilisation ne justifie une dépense à long terme.



## REHAUSSEMENT ET MAINTIEN DE L'ÉTAT DE FERTILITÉ

L'objectif de cette méthode est d'élever les teneurs en éléments nutritifs à des niveaux où, habituellement, ils ne risquent pas de limiter pas les rendements. On y parvient en apportant au sol plus de phosphore que la culture en prélève. La quantité supplémentaire de P fait augmenter sa concentration dans le sol. De façon pratique, on ajoute suffisamment de P chaque année pour que sa teneur atteigne le niveau recherché dans la période visée qui, typiquement, s'étend sur quatre ans.

Selon cette méthode, on est disposé à accepter des rendements économiques nets réduits, voire négatifs, au cours de la période de rehaussement dans l'espoir de saisir des rendements nets très supérieurs dans l'avenir, fondés sur des récoltes futures plus abondantes et plus uniformes.

Dans cette perspective, la fertilisation est perçue comme une dépense à long terme visant à réduire les risques qu'une carence en fertilité puisse limiter la productivité. Cette approche repose sur l'hypothèse selon laquelle à mesure que la fertilité du sol augmente, la probabilité que la culture réagisse aux apports d'engrais diminue.

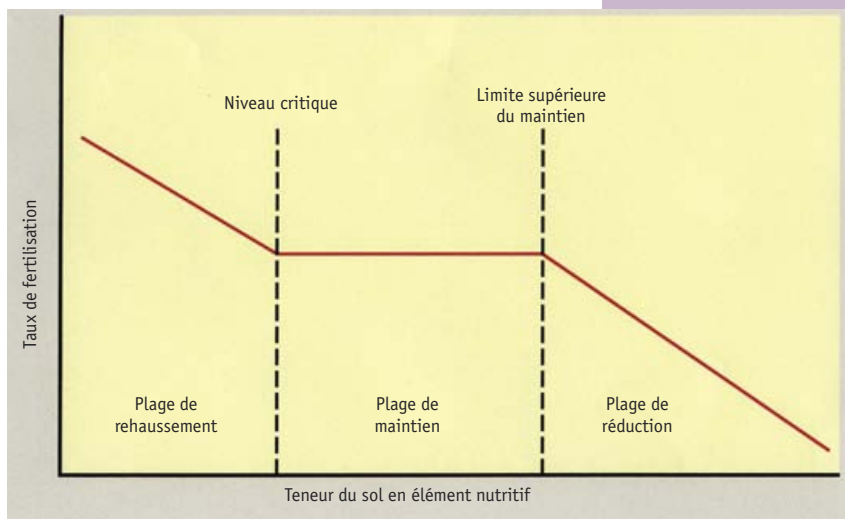
Une telle méthode de gestion convient le mieux aux terres qu'on possède en propre ou qui sont soumises à un bail de location à long terme, lorsque l'encaisse permet de soutenir des coûts de fertilisation élevés.

### atouts

- on maintient les teneurs en éléments nutritifs peu mobiles à un haut niveau;
- la méthode donne l'assurance que les éléments nutritifs ne limitent aucunement les rendements.

### faiblesses

- les taux de fertilisation recommandés durant la phase de rehaussement entraînent assez rarement, à court terme, des hausses de rendement susceptibles de compenser les coûts additionnels encourus;
- cette méthode ne se prête pas à la gestion des éléments nutritifs mobiles (p. ex. l'azote) car les quantités qui ne sont pas utilisées l'année de l'épandage risquent d'être perdues.



Selon la méthode du rehaussement et du maintien de l'état de fertilité, les apports d'éléments nutritifs comblent les besoins annuels de la culture et poussent les teneurs du sol jusqu'à la cote supérieure. Dans le cas d'un sol dont les teneurs en éléments nutritifs lui valent déjà la cote supérieure, on recommande des taux de fertilisation correspondant aux prélèvements de la culture afin que les niveaux d'éléments nutritifs ne chutent pas.

## RAPPORTS DE SATURATION DES BASES

La méthode des rapports de saturation des bases s'applique surtout aux recommandations de potasse et, occasionnellement, à celles de calcium ou de magnésium. Les apports d'éléments nutritifs sont faits en vue d'équilibrer les teneurs en potassium, en calcium et en magnésium du sol selon des proportions précises.

### atouts

- on reconnaît qu'il peut exister des antagonismes entre le calcium, le magnésium et le potassium.

### faiblesses

- la richesse généralisée en magnésium et en calcium des nombreux sols à l'état naturel en Ontario peut entraîner la recommandation de doses de potassium très élevées et peu rentables;
- les données disponibles qui étayent un pourcentage ou rapport de saturation des bases précis favorisant la rentabilité économique sont rares ou inexistantes.

Dans les sols bien gérés, le rapport K:Ca:Mg peut varier à l'intérieur d'une large fourchette sans aucun effet sur les rendements de cultures, pour autant que la teneur en chacun soit suffisante.

## INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS DE L'ANALYSE DE SOL ORDINAIRE DE L'ONTARIO

Les rapports préparés par différents laboratoires peuvent varier dans leur présentation, mais la plupart contiennent les renseignements suivants :

### ► la quantité recommandée de chaque élément nutritif à appliquer

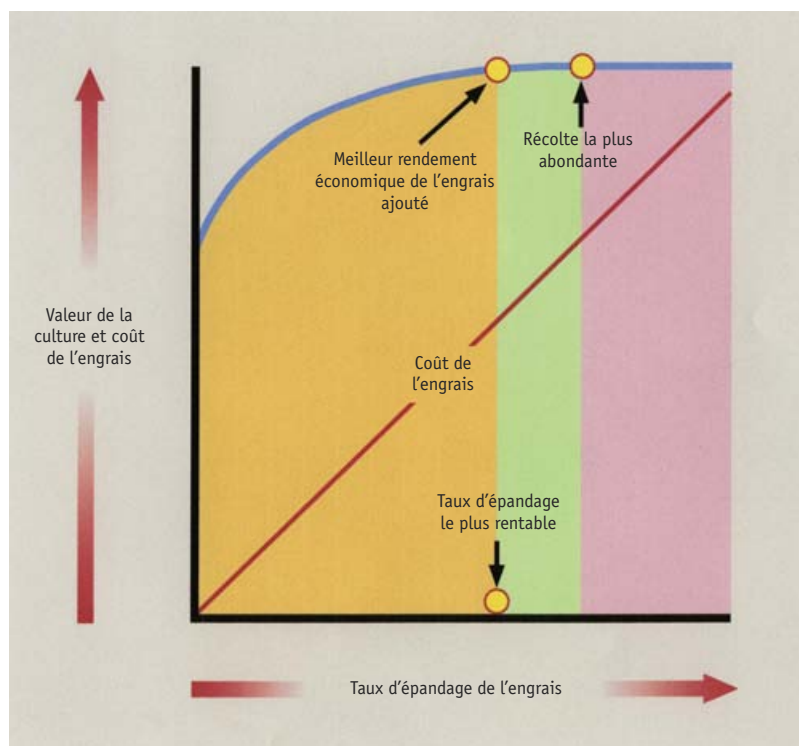
- ▷ les doses proposées font référence à la matière active et doivent donc être converties en quantité de fumier ou de matière fertilisante à épandre;
- ▷ les recommandations de chaulage sont habituellement exprimées en tonnes (métriques) de chaux (d'indice agricole 75) par hectare;

Les résultats peuvent être présentés de plusieurs façons. Les unités suivantes sont à peu près égales :

- parties par million (ppm),
- milligrammes par kilogrammes (mg/kg),
- milligrammes par litre (mg/L).



Au fur et à mesure qu'augmente la teneur du sol en un élément nutritif, la hausse de rendement qu'entraîne l'apport supplémentaire de cet élément devient de moins en moins marquée, et la dose d'épandage la plus rentable diminue.



**La réponse des cultures à un apport accru d'éléments nutritifs s'atténue au fur et à mesure que le niveau de fertilité du sol augmente.**

► **la teneur du sol en chacun des éléments nutritifs dosés par l'analyse**

- ▷ les recommandations d'éléments nutritifs sont fondées sur cette teneur (valeur numérique), prenant en compte les résultats d'essais en champ;
  - ▷ bien que, habituellement, la teneur soit exprimée en parties par million (ppm), elle est le plus utile en termes d'indice de probabilité que la culture aura une réaction à l'apport de l'élément nutritif;
  - ▷ les besoins en éléments nutritifs des cultures peuvent être déterminés à partir des tableaux qu'on retrouve dans les publications du MAAARO portant sur les recommandations pour différentes cultures (voir page 71);
  - ▷ en consignait les résultats des analyses de sol sur plusieurs années, l'agriculteur peut représenter les changements de fertilité du sol sous forme de tableau révélant un autre indice de la pertinence des doses appliquées.
- la cote du sol pour chaque élément nutritif – un indice de l'abondance ou de la carence pour la culture envisagée et de la réaction probable de cette culture à un apport de l'élément nutritif
- ▷ les cotes peuvent changer selon la culture envisagée;
  - ▷ les cotes aident aussi à adapter les recommandations d'engrais – elles sont des indices suggérant d'augmenter ou de diminuer les taux d'application proposés dans le rapport.

Le tableau suivant montre la signification des cotes pour une culture envisagée.



## PROBABILITÉ DE RÉACTION À L'APPORT D'ÉLÉMENTS NUTRITIFS EN FONCTION DE LA TENEUR DU SOL RÉVÉLÉE PAR L'ANALYSE

TENEUR DU SOL	COTE DE RÉACTION	PROFITABILITÉ DE LA FERTILISATION	DOSE D'ENGRAIS OPTIMALE SUR LES SITES RÉCEPTIFS
BASSE	réaction haute (RH)	réaction profitable dans la plupart des cas	élevée
MOYENNE	réaction modérée (RM)	réaction profitable dans la moitié des cas environ	moyenne
HAUTE	réaction faible (RF)	rarement profitable	basse – peut-être engrais de démarrage seulement
TRÈS HAUTE	réaction rare (RR)	très rarement profitable	très basse – souvent engrais de démarrage seulement
EXCESSIVE	réaction nulle ou négative (RN)*	en général, l'application d'engrais n'est pas profitable*	nulle

\* L'apport d'un élément nutritif à un sol ayant déjà une teneur supérieure au niveau optimal peut réduire les rendements ou la qualité de la récolte en interférant avec l'absorption d'autres éléments nutritifs.

**Les exploitants qui sont tenus de préparer un plan de gestion des éléments nutritifs (PGEN) doivent fonder le taux d'épandage maximal permis de fumier ou d'autres matières organiques sur des résultats d'analyse de sol approuvés par le MAAARO. Envoyer les échantillons à un laboratoire accrédité, demander les analyses de sol approuvées et préciser que le rapport doit fournir les recommandations d'engrais du MAAARO.**

Très peu de champs ont une teneur en éléments nutritifs uniforme sur toute leur surface. Même lorsque les analyses révèlent des niveaux d'éléments nutritifs suffisants, il peut se trouver des enclaves à l'intérieur du champ qui réagiront positivement à un apport supplémentaire d'éléments nutritifs.

## MÉTHODE PRÉCONISÉE EN ONTARIO

Les doses de phosphore et de potassium recommandées par le MAAARO sont fondées sur le principe du niveau de suffisance. La recherche et l'expérience sur la ferme continuent de montrer que ces doses sont suffisantes dans la plupart des situations, même lorsque le rendement s'élève bien au-dessus de la moyenne.

Les recommandations sont basées sur les résultats d'essais au champ réalisés pour chaque culture en vue d'établir la dose optimale pour chaque niveau de fertilité du sol. La seule dose préconisée est celle qui maximisera le rendement économique de l'apport additionnel d'engrais dans la campagne culturale en cours.

Quand les éléments nutritifs sont épandus comme il est recommandé, la fertilité du sol augmente graduellement si les doses recommandées correspondent ou dépassent les prélèvements faits par la culture.

Les rendements économiques des cultures affichent des unités d'augmentation décroissantes au fur et à mesure qu'on augmente les doses d'engrais, de sorte qu'à un certain point l'augmentation des profits est inférieure à la hausse des coûts. Le taux d'application des éléments nutritifs le plus profitable donne une récolte légèrement inférieure au rendement cultural maximum.

Sur les sols auxquels les résultats d'analyse attribuent une cote de réaction faible (RF) ou rare (RR) pour un élément nutritif donné, l'apport de cet élément nutritif, bien souvent, ne rapporte pas. Certains agriculteurs choisissent néanmoins un taux d'application correspondant au prélèvement

par la culture afin de maintenir élevée la fertilité du sol et de pourvoir à une éventuelle réaction de la culture. Lorsque l'analyse attribue la cote de réaction RF (faible), on peut s'attendre à une hausse de rendement dans moins de un cas sur deux.

### **Recommandations générales**

On peut trouver des recommandations générales pour combler les besoins des cultures en éléments nutritifs aux endroits suivants :

- les publications du MAAARO portant sur les recommandations pour différentes cultures (voir ci-dessous);
- le logiciel de gestion des éléments nutritifs « NMAN » et son cahier d'exercices – disponibles auprès du MAAARO;
- le site Web du MAAARO à [www.ontario.ca/cultures](http://www.ontario.ca/cultures).

Toutes les recommandations d'engrais et d'éléments nutritifs sont élaborées en vue d'apporter le meilleur rendement économique, dans la majorité des cas.

Pour des renseignements plus détaillés ou de l'information spécifique à une culture, consulter les publications suivantes du MAAARO :

Publication 298, *Flue-Cured Tobacco Production Recommendations* (en anglais seulement).

Publication 360F, *Recommandations pour les cultures fruitières*

Publication 363F, *Recommandations pour les cultures légumières*

Publication 370F, *Recommandations pour la culture des fleurs et des plantes d'ornement en serre*

Publication 371F, *La culture des légumes de serre*

Publication 383F, *Plantes de pépinière et d'ornement – Culture et lutte intégrée*

Publication 384F, *Recommandations pour la gestion des gazons*

Publication 610, *Production Recommendations for Ginseng* (en anglais seulement)

Publication 611F, *Manuel sur la fertilité du sol*

Publication 811F, *Guide agronomique des grandes cultures*



Pour obtenir des résultats précis, il faut absolument employer les techniques d'échantillonnage préconisées.

## **ANALYSE DE TISSUS VÉGÉTAUX**

L'analyse chimique de tissus végétaux peut servir au diagnostic de problèmes dans le champ ou à l'élaboration de recommandations d'engrais.

Bien que les procédures analytiques soient similaires dans les deux cas, le prélèvement des échantillons et l'interprétation des résultats peuvent différer grandement.



**L'analyse de tissus végétaux peut aider au diagnostic de problèmes récurrents en des points précis.**

### Les conditions suivantes influent sur la concentration des éléments nutritifs :

- niveaux extrêmes d'autres éléments nutritifs,
- basses températures,
- dommages dus à des sels solubles,
- acidité du sol,
- pourridié ou autres maladies,
- ravages par des insectes,
- compactage du sol,
- sécheresse,
- inondation.

## L'ANALYSE DE TISSUS EN VUE DE RECOMMANDATIONS D'ENGRAIS

L'analyse de tissus végétaux est la façon la plus fiable d'évaluer l'état nutritionnel des arbres fruitiers et des vignes, puisque ces cultures vivaces ont un système racinaire qui s'étend bien au-delà de la profondeur normale des échantillonnages de sol. On devrait prélever un échantillon de sol au même moment, afin de pouvoir faire une corrélation entre l'état nutritionnel de l'arbre et les conditions édaphiques, comme le pH.

L'analyse des tissus est aussi la meilleure méthode pour identifier la plupart des carences en oligo-éléments chez les cultures. Il faut souligner qu'il vaut rarement la peine de prélever au hasard des échantillons de tissus sur des plantes qui ne manifestent aucun problème, étant donné que la teneur en oligo-éléments de la majorité de nos sols est suffisante. Toutefois, il est avantageux d'effectuer périodiquement des analyses de tissus végétaux dans les champs qui ont des antécédents de carences en certains oligo-éléments, ainsi que chez les cultures de grande valeur.

Ce type d'analyse repose normalement sur le prélèvement d'échantillons à un moment précis de la croissance d'une culture, afin que les résultats soient comparés à des valeurs « critiques » affichées dans des tableaux. L'engrais est appliqué lorsque les teneurs en éléments nutritifs sont inférieures aux valeurs critiques.

### *Échantillonnage de tissus pour des analyses de routine*

Les analyses routinières de tissus sont utiles pour de nombreuses cultures fruitières de verger, chez lesquelles le système racinaire s'étend bien plus profondément que les quinze premiers centimètres (6 po) de sol.

Prélever les échantillons à travers l'ensemble du groupe d'arbres, en échantillonnant séparément les cultivars différents ou les zones montrant des problèmes en particulier.

Les échantillons doivent être prélevés à des stades précis de la croissance de la culture pour donner des renseignements utiles à la recommandation d'engrais.

Chez certaines cultures annuelles de grande valeur, l'analyse périodique de tissus végétaux permet de dépister les accumulations d'éléments nutritifs et de déceler les carences émergentes avant qu'elles n'affectent le rendement.



Des symptômes de carence persistent souvent sur les vieilles feuilles après que la culture se soit rétablie.



On est en train d'élaborer certaines techniques qui utiliseront la couleur des feuilles ou la teneur de la sève en nitrate comme indicateurs de l'état des plantes en ce qui concerne l'azote afin de guider les épandages d'azote en bandes.



## L'ANALYSE DE TISSUS EN VUE D'UN DIAGNOSTIC

L'analyse de tissus végétaux est le plus susceptible d'aider à poser un diagnostic sur des cultures qui se développent mal et pour lesquelles ni les symptômes visuels, ni les analyses de sol ont été concluantes.

Il ne faut pas oublier cependant que l'analyse de tissus montre l'état de la culture à l'égard de certains éléments nutritifs uniquement le jour de l'échantillonnage. Elle n'indique pas si la culture en aura suffisamment pour sa croissance durant toute la saison, ni si cette dernière s'est rétablie d'une carence antérieure.

Prélever les échantillons en périphérie de la zone affectée. Les plantes dont les blessures sont légères s'avèrent souvent de meilleurs indicateurs que celles sévèrement rabougries ou mortes.

Interpréter les résultats d'analyse avec prudence, et seulement après avoir soigneusement examiné les conditions édaphiques et culturales. L'application d'un engrais contenant un certain élément nutritif sur une plante dont la teneur en cet élément nutritif est inférieure au niveau critique ne se traduit pas nécessairement en un avantage quelconque.

L'information aidant à interpréter les résultats n'est pas aussi abondante pour les analyses de tissus végétaux que pour les analyses de sol. On a établi des fourchettes de niveaux normaux et critiques pour certaines cultures dont les données accumulées étaient assez nombreuses.

À noter que les mesures présentes s'avèreront utiles seulement pour des cultures dont les échantillons ont été prélevés au même stade de croissance et sur la même partie de la plante que les échantillons de recherche. Par conséquent, il faut absolument que les méthodes d'échantillonnage de tissus préconisées soient suivies à la lettre.

Si un problème se manifeste dans la culture bien avant le stade recommandé pour l'échantillonnage, on pourrait en trouver la cause en comparant les résultats d'échantillons pris dans la zone affectée et à ceux d'échantillons prélevés à quelque distance sur des plantes en santé.

De plus amples renseignements sur l'analyse de tissus végétaux et sur l'interprétation des résultats sont disponibles dans les publications du MAAARO énumérées à la page 71.

## ANALYSE DE FUMIER

### ÉCHANTILLONNAGE

Les analyses de fumier, comme les analyses de sol, ne donneront des résultats fiables que dans la mesure où l'échantillonnage a été bien réalisé. La composition du fumier peut varier considérablement d'un point à un autre de l'installation de stockage et selon la profondeur d'échantillonnage. Par conséquent, l'échantillon doit être prélevé de façon à représenter toute la masse de fumier, et non pas seulement le fumier qui se trouve en surface. Il faut s'assurer de prendre des sous-échantillons à plusieurs endroits de l'entrepôt ou du chargement, et à différentes profondeurs.

*Fumier liquide*

## Étape 1



Bien remuer le fumier avant de prendre des échantillons.

## Étape 2



Prélever au moins cinq échantillons au hasard dans la masse de fumier. On peut prendre les échantillons directement dans l'installation de stockage pleine ou au fur et à mesure qu'elle est vidée.

## Étape 3



Dans le cas de grandes installations de stockage, prélever au moins un sous-échantillon supplémentaire par tranche de 200 m<sup>3</sup> de matière.

## Étape 4



Utiliser un contenant propre, non métallique, et muni d'un couvercle pour le prélèvement des échantillons (p. ex. un seau en plastique de 20 L).

### Étape 5



Rassembler les échantillons dans un contenant plus grand, non métallique (p. ex. une poubelle en plastique); garder le couvercle en place sur le contenant sauf pendant l'ajout des échantillons.

### Étape 6



Bien mélanger l'échantillon composite.

### Étape 7



Prélever dans ce mélange (échantillon composite) l'échantillon à envoyer au laboratoire.

### Étape 8



Ne pas remplir les contenants à échantillon à plus la  $\frac{1}{2}$  ou des  $\frac{2}{3}$  de la capacité totale de chacune, de façon qu'il reste assez de volume libre pour absorber toute augmentation de pression et que le contenant ne risque pas d'éclater. Habituellement, un contenant à échantillon de 500 mL suffit.



*Fumier solide*

## Étape 1



Prélever les échantillons à différentes profondeurs. L'échantillonnage est plus facile à effectuer pendant la vidange de l'installation de stockage. Si un tas de fumier doit être échantillonné à un autre moment, on devra alors utiliser de l'équipement capable de prendre des carottes sur toute la profondeur du tas.

## Étape 2



Prélever au moins 10 échantillons de fumier au hasard, dans chaque tas de 100 m<sup>3</sup> ou moins. Dans le cas de tas plus gros, augmenter le nombre d'échantillons en conséquence.

## Étape 3



Placer ces échantillons dans un grand contenant non métallique muni d'un couvercle (p. ex. une poubelle en plastique), et garder le couvercle en place sauf pendant l'ajout d'échantillons.

## Étape 4



Une fois que l'échantillonnage est terminé, verser les échantillons sur une grande surface propre pour faciliter le malaxage. Briser les mottes, hacher et mélanger les matières au moyen d'une pelle propre. Diviser le tas en quatre tas égaux.



### Étape 5



Éliminer deux des quarts opposés et rassembler les deux quarts restants. Répéter le processus jusqu'à ce qu'il ne reste plus qu'un échantillon composite d'environ 1 kg.

On peut se procurer des contenants à échantillons auprès du laboratoire qui effectuera l'analyse ou d'un bureau régional du MAAARO.



### EXPÉDITION

Lorsque les sous-échantillons ont été parfaitement mélangés ensemble, suivre les cinq étapes suivantes :

1. Remplir à moitié chaque contenant à échantillon et fermer le couvercle fermement;
2. Placer le contenant dans un sac de plastique robuste et fermer le sac solidement.
3. Déposer le sac et la feuille de renseignements dans une boîte avec suffisamment de matériau d'emballage pour prévenir tout dommage.
4. Garder l'échantillon au frais jusqu'à ce qu'il soit apporté au laboratoire ou expédié par service de messagerie;
  - la pression des gaz produits par le fumier peut causer l'éclatement du contenant lorsque l'échantillon est gardé à une température élevée.
5. Les échantillons doivent être livrés au laboratoire dans les deux jours suivant l'expédition;
  - Planifier l'expédition de sorte que l'échantillon ne passe pas le week-end chez le messenger.