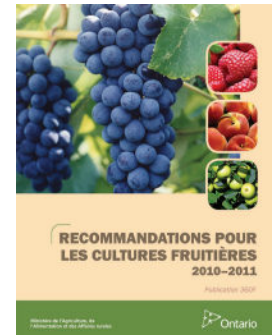


Publication 360F,
Recommandations pour les cultures fruitières
ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et
des Affaires rurales de l'Ontario



Chapitre 3: Gestion du sol, fertilisation, nutrition des cultures et cultures de couverture

Pour un guide complet sur la fertilité du sol, consulter la publication 611F du MAAARO, *Manuel sur la fertilité du sol*. La nutrition des cultures joue pour beaucoup dans l'obtention de bons rendements et la production de fruits de la plus haute qualité qui soit. Pour que les éléments nutritifs puissent être assimilés par les racines, ils doivent d'abord se dissoudre dans l'eau du sol. Par conséquent, l'efficacité des engrais est liée à la gestion du sol et à la gestion de l'eau. L'élaboration d'un bon programme de fertilité du sol commence par une évaluation des besoins en éléments nutritifs.

Évaluation des besoins en éléments nutritifs

Il y a trois façons d'évaluer la fertilité du sol et les besoins des cultures en éléments nutritifs :

- l'analyse du sol;
- l'analyse des tissus végétaux;
- l'observation des symptômes de carence.

Ces méthodes ne sont pas interchangeables. Dans le cas des cultures vivaces, il est indispensable de recourir à chacune d'elles pour évaluer et surveiller les besoins en éléments nutritifs d'une culture.

Analyse du sol

Une analyse de sol réalisée à l'aide de la méthode prévue pour le type de sol auquel on a affaire est le meilleur moyen de doser les éléments nutritifs biodisponibles. Le MAAARO reconnaît certaines méthodes d'analyse de laboratoire adaptées aux conditions de sol de l'Ontario (voir le tableau 3-1, *Analyses de sol reconnues par le MAAARO*). Les laboratoires accrédités par le MAAARO participent au North American Proficiency Testing Program et doivent démontrer la précision de leurs analyses. Il arrive que des laboratoires d'analyse de sol offrent d'effectuer des analyses de sol qui ne figurent pas dans le tableau 3-1, et d'analyser des substrats destinés à la culture en serre, des solutions fertilisantes et l'eau. Pour d'autres services d'analyse, communiquer avec les laboratoires inscrits sur la liste de l'annexe C, *Laboratoires accrédités pour les analyses de sol en Ontario*, p. 275. L'analyse de la teneur du sol en matière organique peut être utile, mais il ne s'agit pas d'une analyse reconnue. Il n'y a pas non plus d'analyses de sol reconnues par le MAAARO pour le dosage du bore, du cuivre, du fer ni du molybdène. Une analyse des tissus végétaux donne en général une meilleure idée des besoins en ces oligo-éléments.

Tableau 3-1. Analyses de sol reconnues par le MAAARO

Voir l'annexe C, Laboratoires accrédités pour les analyses de sol en Ontario, p. 275, pour une liste des laboratoires accrédités en Ontario.

Matériau	Constituants analysés
Sol pour cultures de plein champ, gazon commercial, etc.	Biodisponibilité du phosphore extractible au bicarbonate de sodium; potassium et magnésium extractibles à l'acétate d'ammonium; manganèse et zinc (indice de pH du sol et éléments extractibles); pH; besoins en chaux (pH tampon dans une solution tampon Shoemaker-McLean-Pratt).

Moment de l'échantillonnage

Toujours prélever les échantillons de sol avant la mise en place des cultures fruitières. S'il faut corriger le pH, échantillonner le sol et corriger le pH deux ans avant la mise en place de la culture. Après l'établissement, échantillonner chaque champ une fois tous les deux ou trois ans. Dans les sols sableux, prévoir de vérifier plus souvent les teneurs du sol en potassium.

L'échantillonnage de sol peut se faire durant l'été ou à l'automne. Faire l'échantillonnage à la même époque chaque année de manière à obtenir des résultats plus cohérents. Dans les champs destinés à être plantés au printemps, l'idéal est de faire l'échantillonnage à la fin de l'été ou à l'automne. Indépendamment du moment de l'échantillonnage, prévoir le délai de poste et de réception du rapport et le temps nécessaire pour déterminer les besoins en fertilisation.

Prélèvement d'un échantillon de sol

L'exactitude d'un rapport d'analyse de sol et la pertinence des recommandations qui en résultent dépendent des méthodes de cueillette, de préparation et de soumission de l'échantillon. Voici le matériel nécessaire à l'échantillonnage du sol :

- une tarière ou une pelle;
- un seau de plastique propre (éviter d'utiliser des seaux de métal galvanisé, qui contamineront l'échantillon et fausseront le dosage des oligo-éléments, surtout du zinc);
- des sacs et des boîtes, habituellement obtenus du laboratoire d'analyse de sol
- un stylo ou un marqueur.

Échantillonner séparément chaque champ ou chaque unité faisant l'objet d'une gestion distincte. Subdiviser les champs qui sont vastes ou ceux qui présentent des variations marquées en sections plus petites. Chaque échantillon doit représenter un champ ou une section de champ uniforme sur les plans de la texture du sol, de la topographie, de la teneur en matière organique et des antécédents de cultures.

Prélever les échantillons à l'aide d'un tube de prélèvement ou d'une pelle. Échantillonner séparément chaque champ ou partie de champ distincte. Pour obtenir une répartition uniforme des points de prélèvement, parcourir la zone échantillonnée en suivant un tracé en zigzag. Prélever au moins 20 carottes de sol de 15 cm de profondeur par champ ou par superficie échantillonnée allant jusqu'à 5 ha (12,5 acres). Pour les superficies supérieures à 5 hectares, augmenter proportionnellement le nombre de carottes. Plus on prélève de carottes, plus les probabilités sont grandes que l'analyse fournisse une mesure fiable de la fertilité du champ. Aucun échantillon ne devrait représenter plus de 10 ha.

Échantillonner séparément les parties de champ qui diffèrent par l'aspect du sol ou le type de culture ou qui n'ont pas reçu les mêmes doses d'engrais, de fumier ou de chaux. Échantillonner ces zones séparément même si leur superficie est trop petite pour qu'on puisse les traiter à part. Éviter de prélever des échantillons dans les bandes récemment fertilisées, les dérayures ou refentes, les abords de chemins en gravier et les endroits où l'on a entassé du fumier, du compost, de la chaux ou des résidus de culture.

Recueillir le sol dans un seau en plastique propre, briser les mottes et bien mélanger le sol étant donné que seulement 2 mL de sol environ serviront à chaque dosage. Remplir un sac de plastique propre d'environ 500 g de terre, déposer le sac dans la boîte et l'expédier au laboratoire. Prendre soin de bien indiquer sur l'échantillon toute l'information nécessaire (c.-à-d. numéro d'échantillonnage, nom de la ferme, date, etc.)

Les carences en oligo-éléments se rencontrent le plus souvent par petites plaques dans les champs. Dans cette éventualité, les échantillons de sol ou de tissus végétaux prélevés dans l'ensemble du champ risquent de ne pas refléter les problèmes à ces endroits, d'où l'importance d'échantillonner séparément les zones à problème. Au moment d'échantillonner une telle zone, s'assurer de prélever, aux fins de comparaison, un échantillon d'une zone asymptomatique adjacente.

Pour le dosage de l'azote, on suit la même méthode d'échantillonnage, sauf qu'on prélève des carottes de 30 cm et qu'on doit garder les échantillons au frais ou même les congeler jusqu'au moment de leur analyse.

Interprétation des résultats d'analyse de sol

Le programme d'analyses de sol reconnues par le MAAARO fournit des recommandations visant les apports d'azote, de phosphate, de potasse, de magnésium, de zinc et de manganèse. Au besoin, le programme fournit également des recommandations quant à la quantité et au type de chaux qui doit être appliqué. Ces recommandations sont fonction de la culture qui est prévue et qui aura été indiquée sur le formulaire de demande d'analyse. Voici les pages où trouver des recommandations visant les cultures suivantes :

Fruits tendres	p. 55
Petits fruits	p. 111
Pommes.....	p. 151
Raisin	p. 205

Ces recommandations peuvent produire des rendements économiques optimaux lorsqu'elles s'assortissent d'une gestion des cultures allant de bonne à supérieure à la moyenne.

Dans un rapport d'analyse de sol, le laboratoire donne à chaque élément analysé une valeur exprimée en parties par million (ppm) ou en milligrammes par litre de sol (mg/L), ou représentée par une cote. On trouve aussi des recommandations relatives à la fertilisation qui sont normalement indiquées en kilogrammes par hectare (kg/ha) ou en livres par acre (lb/ac). La cote renseigne sur la probabilité d'une réaction favorable de la culture à la fertilisation. Les cotes sont expliquées dans le tableau 3-2, *Cotes d'efficacité des fertilisants en fonction des résultats des analyses de sol*, ci-dessous.

Tableau 3–2. Cotes d'efficacité des fertilisants en fonction des résultats des analyses de sol

Efficacité	Probabilité que la fertilisation soit rentable
Efficacité élevée (EE)	Élevée (dans la plupart des cas)
Efficacité moyenne (EM)	Moyenne (dans à peu près la moitié des cas)
Efficacité faible (EF)	Faible (dans peu de cas)
Efficacité très faible (ETF)	Très faible (dans très peu de cas)
Efficacité nulle ou négative (EN)	Inexistante (jamais)

Les recommandations de fertilisation tiennent compte du type de culture devant être fertilisé. Les doses d'engrais, particulièrement les doses d'azote et de phosphore, doivent être rajustées s'il y a épandage de fumier ou enfouissement d'une culture de légumineuses comme engrais vert. Il est impossible de faire des recommandations valables sans cette information.

Analyses de sol effectuées par d'autres laboratoires

Les analyses de sol reconnues par le MAAARO débouchent sur des recommandations justes. S'assurer de faire affaire avec un laboratoire accrédité. Pour obtenir l'accréditation, chaque laboratoire doit utiliser des méthodes d'analyse reconnues par le MAAARO, faire la preuve que ses analyses sont d'une précision et d'une justesse acceptables, et formuler ses recommandations en matière d'engrais conformément aux normes fixées par le MAAARO. S'assurer de demander les recommandations de fertilisation conformes aux normes du MAAARO. Les analyses de sol exigées par les plans de gestion des éléments nutritifs doivent être confiées à des laboratoires accrédités par le MAAARO.

Un certain nombre de laboratoires offrent des analyses de sol qui mesurent aussi la capacité d'échange cationique et les teneurs en aluminium et en cuivre. Le MAAARO ne reconnaît pas la validité de ces analyses, parce que rien n'indique qu'elles contribuent à de meilleures recommandations.

Analyse des tissus végétaux

Les analyses de tissus végétaux déterminent les concentrations d'éléments nutritifs dans les tissus des plantes. Elles sont très utiles lorsque combinées à des observations recueillies sur le terrain et aux données sur les conditions du sol, aux données sur les antécédents culturaux et à une analyse de sol récente révélant les concentrations d'éléments nutritifs dans le sol et le pH du sol. Voir le tableau 3–3, *Échantillonnage pour l'analyse des tissus des cultures fruitières*, ci-dessous.

Dans le cas des cultures vivaces, ces analyses sont un complément important aux analyses de sols. Elles permettent d'établir des comparaisons avec les normes établies pour les cultures et de déceler ainsi d'éventuelles carences. Pour certains éléments nutritifs, ces analyses indiquent si la fertilisation du sol est propice à une croissance optimale. Si l'on sait que les concentrations d'éléments nutritifs dans le sol sont suffisantes, les analyses de tissus peuvent inciter à rechercher ailleurs les causes de carences. Les analyses de tissus sont particulièrement utiles pour le dosage du phosphore, du potassium, du magnésium et du manganèse. Elles sont le principal moyen d'évaluer les concentrations de bore, de cuivre, de fer et de molybdène, étant donné qu'aucune analyse de sol ne permet de déterminer avec précision la teneur du sol en ces oligo-éléments.

Échantillonnage

Le moment où l'on effectue le prélèvement de tissus et le stade de croissance peuvent avoir une grande incidence sur les résultats de l'analyse des tissus. Les concentrations de certains éléments nutritifs dans les tissus végétaux peuvent en effet varier considérablement selon l'âge de la plante et la date d'échantillonnage. Les résultats seront difficiles à interpréter si les échantillons sont pris à des moments autres que ceux qui sont recommandés.

Tableau 3-3. Échantillonnage pour l'analyse des tissus des cultures fruitières

Culture	Stade de croissance/moment	Organe échantillonné	Quantité à prélever
Bleuet en corymbe	Fin juillet-début août	Feuilles développées prises dans la partie moyenne de pousses de l'année	Cent feuilles provenant de toute la zone d'échantillonnage
Cerise Montmorency	Deux dernières semaines de juillet	Feuilles développées prises à hauteur d'épaule dans la partie moyenne de rameaux de l'année	Dix feuilles par arbre sur dix arbres représentatifs du verger
Fraise	Fructifère - juin Non fructifère - début août	Limbe de feuilles entièrement déployées depuis peu, immédiatement débarrassé du pétiole	Cinquante limbes provenant de toute la zone d'échantillonnage
Framboise	Fin juillet	Feuilles entièrement déployées de tiges fructifères	Cent feuilles provenant de toute la zone d'échantillonnage
Pêche	Deux dernières semaines de juillet	Feuilles développées prises à hauteur d'épaule dans la partie moyenne de rameaux de l'année	Dix feuilles par arbre sur dix arbres représentatifs du verger
Poire	Deux dernières semaines de juillet	Feuilles développées prises à hauteur d'épaule dans la partie moyenne de rameaux de l'année	Dix feuilles par arbre sur dix arbres représentatifs du verger
Pomme	Deux dernières semaines de juillet	Feuilles développées prises à hauteur d'épaule dans la partie moyenne de rameaux de l'année situés de tous les côtés de l'arbre	Dix feuilles par arbre sur dix arbres représentatifs du verger
Raisin	Début septembre	Pétioles de feuilles développées de sarments fructifères — les détacher immédiatement des feuilles	Selon la taille inhérente au cultivar, de 75 à 200 pétioles

- Placer les échantillons de tissus dans des sacs de papier étiquetés. Les tissus pourrissent s'ils sont entreposés dans des sacs de plastique.
- Éviter de prélever des feuilles endommagées ou provenant de plants qui semblent anormaux.
- Si les zones d'aspect différent sont suffisamment grandes pour être fertilisées séparément, elles doivent aussi être échantillonnées séparément.
- Éviter de contaminer l'échantillon avec de la terre. Même une infime quantité de terre invaliderait les résultats, surtout dans le cas du dosage des oligo-éléments.
- Échantillonner les plants le plus tôt possible suivant l'apparition d'un symptôme de carence nutritive. Prélever des échantillons de tissus d'une zone à problème et les soumettre accompagné d'un échantillon distinct prélevé d'une partie saine du champ adjacente à cette zone. De plus, pour faciliter le diagnostic, prélever et soumettre un échantillon de sol provenant à la fois de la zone touchée et d'une zone saine.

Préparation de l'échantillon

Expédier sans tarder au laboratoire les échantillons de tissus fraîchement cueillis. S'il n'est pas possible de le faire immédiatement, faire sécher les tissus végétaux afin d'en empêcher la détérioration. Le séchage peut se faire au soleil ou dans un four réglé à 65 °C ou moins.

Prendre garde de ne pas contaminer les échantillons avec des particules de poussière ou de sol. Éviter tout contact des tissus avec des métaux galvanisés (plaqués de zinc) ou avec du cuivre ou du laiton.

En Ontario, plusieurs laboratoires font des analyses de tissus végétaux; voir l'annexe C, *Laboratoires accrédités pour les analyses de sol en Ontario*, p. 275. L'analyse des tissus n'entre pas dans le programme d'accréditation du MAAARO. Il reste que les laboratoires accrédités par le MAAARO disposent des compétences et du matériel nécessaires pour effectuer ces analyses avec précision.

Interprétation

L'analyse des tissus comporte ses limites, sans compter que l'aide d'un expert est parfois nécessaire pour en interpréter les résultats. Ce type d'analyse ne révèle pas l'apport d'engrais nécessaire pour corriger une carence ni si une carence est liée à un problème de fertilité. Si les résultats d'une analyse de tissus se situent dans une fourchette apparentée à une carence, il se peut que cette situation soit attribuable à des facteurs comme le climat, la pression exercée par les ravageurs ou les maladies, si bien qu'ils doivent être utilisés conjointement avec un programme d'analyse de sol. Le tableau 3–4, *Fourchettes acceptables de concentrations d'éléments nutritifs pour les cultures fruitières*, ci-dessus, indique les fourchettes de concentrations d'éléments nutritifs dans les tissus qui correspondent à une productivité optimale des cultures fruitières.

Tableau 3–4. Fourchettes acceptables de concentrations d'éléments nutritifs pour les cultures fruitières

Culture	N	P	K	Ca	Mg	Fe	B	Cu	Zn	Mn
	%					ppm				
Fruits tendres										
Cerise Montmorency	2,2–3,0	0,15–0,40	1,3–2,5	1,0–2,5	0,35–0,65	25–200	20–60		15–100	20–200
Pêche	3,4–4,1	0,15–0,40	2,3–3,5	1,0–2,5	0,35–0,60	25–200	20–60		15–100	20–200
Poire	2,0–2,6	0,15–0,40	1,2–2,0	1,0–2,0	0,25–0,50	25–200	20–60		15–100	20–200
Prune	2,4–3,2	0,15–0,40	1,5–3,0	1,0–2,5	0,35–0,65	25–200	20–60		15–100	20–200
Petits fruits										
Bleuet en corymbe	1,7–2,3	0,15–0,40	0,36–0,7	0,3–0,8	0,12–0,30	30–100	15–50		10–100	150–500
Fraise	2,0–3,0	0,20–0,50	1,5–2,5	0,5–1,5	0,25–0,50	25–200	20–60		15–100	20–200
Framboise	2,0–3,5	0,20–0,50	1,0–2,0	0,8–2,5	0,25–0,50	25–200	20–60	5–20	15–100	20–200
Pomme¹										
Delicious, Crispin	2,2–2,7	0,15–0,40	1,4–2,2	0,8–1,5	0,25–0,40	25–200	20–60		15–100	20–200
Empire, Spy	2,1–2,6	0,15–0,40	1,3–2,1	0,7–1,5	0,25–0,40	25–200	20–60		15–100	20–200
McIntosh, autres	2,0–2,5	0,15–0,40	1,2–2,0	0,8–1,5	0,25–0,40	25–200	20–60		15–100	20–200
Raisin (pétioles)										
Vinifera	0,8–1,4	0,15–0,40	1,2–2,3	1,0–3,0	0,6–1,50	15–100	20–60		15–100	20–200
Fredonia	0,6–1,2	0,15–0,40	0,8–1,8	1,0–3,0	0,6–1,50	15–100	20–60		15–100	20–200
Autres	0,7–1,3	0,15–0,40	1,0–2,0	1,0–3,0	0,6–1,50	15–100	20–60		15–100	20–200

¹ Dans le cas des arbres non fructifères et des pommiers sur porte-greffes M.9 ou M.26, la teneur en azote foliaire devrait être de 0,2 % plus élevée.

Observation des symptômes de carence

Les symptômes foliaires sont utiles à la détection de certaines carences. Malheureusement, au moment où les symptômes sont observables, les rendements peuvent être déjà compromis. Sans compter que les symptômes de carence sont faciles à confondre avec d'autres problèmes occasionnés par des pesticides, des maladies foliaires ou racinaires, des nématodes, des insectes, la compaction du sol ou la pollution de l'air. Toujours faire confirmer par une analyse de tissus si une carence est effectivement présente. Voir les descriptions des symptômes de carence précis aux pages suivantes : *Nutrition des fruits tendres*, p. 55; *Nutrition des petits fruits*, p. 111; *Nutrition des pommiers*, p. 151; *Nutrition de la vigne*, p. 206.

Teneur du sol en matière organique

La matière organique contenue dans le sol aide à garder la structure de sol, améliore la capacité de rétention d'eau du sol, aide le sol à retenir les éléments nutritifs et améliore le drainage. Une concentration suffisante de matière organique dans le sol préserve les rendements des cultures, la santé des végétaux à long terme, surtout pendant les périodes où les conditions météorologiques sont inclémentes. Bien des sols destinés à l'horticulture ont une texture légère et font l'objet d'un travail fréquent. Le maintien de la matière organique dans ces sols relève du défi.

Pour garantir la productivité à long terme des cultures fruitières, évaluer la qualité du sol de chaque champ avant la mise en place de la culture et faire le nécessaire pour maintenir cette qualité ou l'améliorer. Pour plus d'information, voir la publication 611F du MAAARO, *Manuel sur la fertilité du sol*, et le tableau 3-5, *Concentrations optimales de matière organique dans le sol selon le type de sol*.

Tableau 3-5. Concentrations optimales de matière organique dans le sol selon le type de sol

Type de sol	Concentration optimale (%)
Sols sableux	2-4 et plus
Loams sableux	3-4 et plus
Sols loameux	4-5 et plus
Loams argileux	4-5 et plus
Sols argileux	4-6 et plus

Source : Traduction libre d'un tableau tiré de The Canada-Ontario Environmental Farm Plan Program workbook, 3^e édition, 2004.

Acidité du sol et chaulage

Le pH d'un sol est la mesure de son acidité ou de son alcalinité. L'échelle de pH va de 0 à 14. Le pH est une mesure de la concentration d'ions hydrogène. Un pH de 7,0 indique un sol neutre, un pH inférieur à 7,0 indique un sol acide, alors qu'un pH supérieur à 7,0 signifie que le sol est alcalin (on dit aussi basique). Dans les sols minéraux, la plupart des cultures fruitières poussent bien lorsque le pH se situe entre 6,0 et 7,5. La culture du bleuet réclame une fourchette de pH allant de 4,2 à 5,0. Il est important de maintenir le sol à la fourchette de pH appropriée. Bien des éléments nutritifs, surtout les oligo-éléments, sont moins facilement assimilables à des pH qui se situent en dehors de la fourchette idéale. Certains ions, comme les ions aluminium deviennent toxiques à des pH faibles.

Élévation du pH

L'augmentation du pH d'un sol se fait par un épandage de pleine surface et par l'incorporation au sol de pierre à chaux broyée. La quantité de chaux nécessaire est déterminée par les résultats d'analyse de sol. Le tableau 3-6, *Valeurs de pH au-dessous desquelles le chaulage est recommandé en Ontario, selon les cultures*, p. 39, indique les valeurs de pH au-dessous desquelles le chaulage est recommandé et le pH optimal qu'il faut chercher à atteindre par le chaulage (le pH cible). En Ontario, la plupart des cultures poussent assez bien dans les sols dont le pH est plus élevé que le pH cible recommandé.

Tableau 3–6. Valeurs de pH au-dessous desquelles le chaulage est recommandé en Ontario, selon les cultures

	pH au-dessous duquel le chaulage est recommandé	pH cible du sol
Sols minéraux à texture grossière et moyenne (sables, loams sableux, loams et loams limoneux)		
Toutes les cultures autres que celles qui sont mentionnées ci-dessous	6,1	6,5
Maïs, soya, seigle d'automne, prairie de fauche et pâturage de graminées, gazon, tabac, vigne et arbres fruitiers établis	5,6	6,0
Pomme de terre	5,1	5,5
Bleuet, canneberge, rhododendron, azalée	Aucun apport de chaux n'est recommandé	
Sols minéraux à texture fine (argiles et loams argileux)		
Luzerne, crucifères (choux), rutabagas	6,1	6,5
Toutes les cultures autres que celles qui sont mentionnées ci-dessous ou ci-dessus	5,6	6,0
Maïs, seigle, prairie de fauche et pâturage de graminées, tabac, vigne et arbres fruitiers établis, pomme de terre	5,1	5,5
Bleuet, canneberge, rhododendron, azalée	Aucun apport de chaux n'est recommandé	
Sols organiques (tourbes, terres noires)		
Toutes les cultures autres que celles qui sont mentionnées ci-dessous	5,1	5,5
Bleuet, canneberge, rhododendron, azalée	Aucun apport de chaux n'est recommandé	

pH tampon

Le pH du sol indique le degré d'acidité d'une solution de sol et, du coup, si un apport de chaux sera nécessaire aux cultures. Il ne renseigne pas sur les acides en réserve qui se trouvent fixés sur les particules d'argile et de matière organique dans le sol, qui, eux, indiquent la quantité de chaux à appliquer. Différents niveaux d'acidité en réserve signifient que deux sols différents ayant la même valeur de pH auront besoin de quantités de chaux différentes pour relever le pH au niveau voulu. Les acides en réserve sont mesurés par un test distinct qui mesure le pH tampon. Si le sol renferme une forte réserve d'acides, il affichera un pH tampon faible et il faudra des apports massifs de chaux pour en relever le pH.

Pour calculer la quantité de chaux qui sera nécessaire à l'atteinte du pH cible, utiliser le tableau 3-7, *Quantité de chaux nécessaire pour corriger l'acidité du sol en fonction de ses pH et pH tampon*, à gauche.

Tableau 3-7. Quantité de chaux nécessaire pour corriger l'acidité du sol en fonction de ses pH et pH tampon

Quantité (t/ha) de chaux moulue nécessaire (chaux d'indice agricole 75)				
pH tampon	pH cible du sol = 7,0¹	pH cible du sol = 6,5²	pH cible du sol = 6,0³	pH cible du sol = 5,5⁴
7,0	2	2	1	1
6,9	3	2	1	1
6,8	3	2	1	1
6,7	4	2	2	1
6,6	5	3	2	1
6,5	6	3	2	1
6,4	7	4	3	2
6,3	8	5	3	2
6,2	10	6	4	2
6,1	11	7	5	2
6,0	13	9	6	3
5,9	14	10	7	4
5,8	16	12	8	4
5,7	18	13	9	5
5,6	20	15	11	6
5,5	20	17	12	8
5,4	20	19	14	9
5,3	20	20	15	10
5,2	20	20	17	11
5,1	20	20	19	13

5,0	20	20	20	15
4,9	20	20	20	16
4,8	20	20	20	18
4,7	20	20	20	20
4,6	20	20	20	20
¹ Un chaulage visant un pH de 7,0 n'est recommandé que pour la prévention de la hernie des crucifères. ² Chauler si le pH est inférieur à 6,1. ³ Chauler si le pH est inférieur à 5,6. ⁴ Chauler si le pH est inférieur à 5,1.				

Les besoins en chaux indiqués dans le tableau 3–7 se fondent sur les équations du tableau 3–8, *Équations de calcul des besoins en chaux selon le pH tampon du sol*, ci-dessous, les valeurs étant arrondies à la tonne/ha la plus proche. À partir des équations du tableau 3–8, on peut faire un calcul plus précis des quantités de chaux nécessaires pour ramener le pH du sol à 7,0.

Tableau 3–8. Équations de calcul des besoins en chaux selon le pH tampon du sol

pH cible du sol	Équation*
7,0	Chaux (t/ha) = 334,5 – 90,79 pH _T ** + 6,19 pH _T ²
6,5	Chaux (t/ha) = 291,6 – 80,99 pH _T + 5,64 pH _T ²
6,0	Chaux (t/ha) = 255,4 – 73,15 pH _T + 5,26 pH _T ²
5,5	Chaux (t/ha) = 37,7 – 5,75 pH _T
* Calculs effectués pour une chaux ayant un indice agricole de 75. ** pH _T : pH tampon.	

Élévation du pH du sol avec de la chaux

On peut relever le pH du sol en épandant de la chaux calcique ou de la chaux dolomitique. La chaux calcique est surtout constituée de carbonate de calcium, tandis que la chaux dolomitique est un mélange de carbonate de calcium et de carbonate de magnésium. Ce sont les carbonates contenus dans la chaux qui neutralisent l'acidité du sol.

Sur les sols dont la teneur en magnésium est de 100 ppm ou moins, épandre de la chaux dolomitique. Il est particulièrement important d'utiliser de la chaux dolomitique lorsque les concentrations de potassium dans le sol sont élevées, car les cultures peuvent alors être plus susceptibles de souffrir de carences en magnésium. Les deux types de chaux peuvent être utilisés sur les sols dont la teneur en magnésium est supérieure à 100 ppm et dont la teneur en potassium est inférieure à 250 ppm.

L'efficacité de la chaux dans la correction du pH du sol dépend de sa valeur neutralisante et de son indice granulométrique.

La **valeur neutralisante** de la chaux correspond à la quantité d'acide qu'une quantité donnée de chaux parvient à neutraliser lorsqu'elle est **complètement** dissoute; on l'exprime en pourcentage de la valeur neutralisante du

carbonate de calcium pur. Ainsi, de la chaux ayant une valeur neutralisante de 90 peut neutraliser 90 % de la quantité d'acide neutralisée par le carbonate de calcium pur. En général, plus la teneur en calcium et magnésium de la chaux en question est haute, plus sa valeur neutralisante est élevée.

L'**indice granulométrique** influe lui aussi sur la valeur neutralisante de la chaux. Plus les particules de chaux sont fines, plus l'élévation du pH sera rapide.

Indice agricole de la chaux

L'indice agricole combine la valeur neutralisante et l'indice granulométrique de la chaux. Il permet de comparer les différentes sources de chaux. Si on utilise de la chaux à fort indice agricole, on en utilise une moins grande quantité que si l'on utilise une chaux à faible indice agricole. Voici la formule qui permet de déterminer l'indice agricole de la chaux :

Indice agricole de la chaux = (valeur neutralisante × indice granulométrique) ÷ 100

Les recommandations établies à partir des analyses de sol reconnues par le MAAARO sont exprimées en fonction d'une chaux d'indice agricole 75. Si l'on achète de la chaux dont l'indice agricole n'est pas de 75, on peut calculer la quantité à épandre à l'aide de l'équation suivante :

$$\begin{array}{l} \text{Quantité de} \\ \text{chaux} \\ \text{recommandée} \\ \text{selon l'analyse} \\ \text{de sol} \end{array} \times \frac{75}{\text{indice agricole de cette} \\ \text{chaux}} = \begin{array}{l} \text{Taux d'application} \\ \text{de cette chaux à} \\ \text{épandre} \end{array}$$

Par exemple, si l'analyse du sol indique qu'il faut apporter 9 tonnes de chaux/ha et que la source de chaux a un indice agricole de 90, il faut épandre 7,5 tonnes de cette chaux/ha ($9 \times 75/90 = 7,5$ tonnes/ha).

L'indice agricole ne renseigne pas sur la teneur en magnésium.

Effet de la profondeur de travail du sol

Les recommandations sur le chaulage présentées dans le tableau 3-7, *Quantité de chaux nécessaire pour corriger l'acidité du sol en fonction de ses pH et pH tampon*, p. 40, devraient élever le pH dans les 15 premiers cm de sol au pH voulu. Selon que le sol est labouré à une profondeur inférieure ou supérieure à 15 cm, il faut proportionnellement plus ou moins de chaux pour atteindre le même pH cible. Lorsque le travail du sol est superficiel, il est recommandé d'épandre de la chaux plus souvent, mais moins à la fois.

Diminution du pH du sol

Lorsque le pH est inférieur à 6,5, il est possible d'abaisser le pH (de rendre le sol plus acide) en faisant des apports de soufre ou de sulfate d'ammonium. Cette intervention peut être souhaitable pour certaines cultures (p. ex. pomme de terre pour la maîtrise de la gale), mais n'est habituellement pas indiquée pour les cultures soumises à des rotations. On ne peut en effet corriger le pH du sol à la hausse ou à la baisse d'une année à l'autre. Ne pas appliquer le sulfate d'ammonium à des doses d'azote supérieures à celles qui sont recommandées pour la culture en cours. La culture du bleuet exige un pH bas. Le tableau 3-9, *Quantité de soufre nécessaire à l'acidification du sol*, indique la quantité de soufre élémentaire nécessaire pour abaisser le pH de différents sols.

Si le pH du sol est supérieur à 6,5, il est déconseillé et habituellement assez difficile d'abaisser le pH en raison des grandes quantités de soufre ou de sulfate d'ammonium nécessaires.

Tableau 3-9. Quantité (kg/ha) de soufre nécessaire à l'acidification du sol

Type de sol	Pour chaque 1,0 unité de pH	Pour chaque 0,1 unité de pH
sable	350	35
loam sableux	750	75
loam	1 100	110

Azote

L'azote est un élément important pour la croissance et le développement de toutes les cultures. L'azote est présent à l'état naturel dans tous les sols. En s'alimentant de résidus de culture et de matière organique, les microorganismes terricoles libèrent de l'azote dans le sol. Ainsi, plus le sol est riche en matière organique, plus les concentrations d'azote naturellement biodisponibles augmentent. Les pratiques de gestion qui visent à maintenir et à accroître les teneurs en matière organique du sol contribuent également à accroître la fertilité du sol et la productivité des cultures. Des légumineuses, comme la luzerne et le trèfle rouge, rendent le sol plus fertile en prélevant l'azote dans l'atmosphère et en le libérant dans le sol.

Habituellement, les premiers signes de carence en azote se manifestent sur les vieilles feuilles. Celles-ci pâlisent puis jaunissent au fur et à mesure que l'azote est relocalisé des vieilles feuilles moins productives vers les nouvelles pousses. Le temps froid de début de saison provoque souvent des carences en azote temporaires. Ces carences sont alors davantage attribuables aux mauvaises conditions de croissance qu'à un manque d'azote dans le sol.

Azote et environnement

La teneur du sol en azote change constamment. Des procédés comme le lessivage et la dénitrification appauvrissent le sol en azote. La dénitrification survient quand le sol est gorgé d'eau. Les microorganismes anaérobies convertissent les nitrates et l'ammoniac en oxyde de diazote. Ce gaz peut engendrer la pollution de l'air; il est environ 300 fois plus dangereux que le dioxyde de carbone comme gaz à effet de serre.

L'azote des nitrates, bien qu'il soit facilement assimilable par les végétaux, est facilement emporté par l'eau du sol. Par conséquent, il risque de polluer les eaux souterraines et les eaux de surface.

Quand l'apport d'azote correspond aux besoins des cultures, les risques de contamination de l'environnement sont considérablement réduits. C'est à la fin de l'automne et au début du printemps que les risques de perte d'azote sont les plus grands. Les apports d'azote qui sont calculés en fonction des besoins des cultures laissent moins d'azote résiduel dans le sol à la fin de la saison de croissance et réduisent les pertes dans l'environnement.

Il est important de tenir compte des apports d'engrais, de fumier et d'autres sources d'azote quand on évalue les besoins d'une culture en fertilisants. Voici d'autres pratiques de gestion qui réduisent les risques de pertes des nitrates :

- utiliser des plantes couvre-sol;
- faire les épandages d'azote au moment le plus rapproché de celui où les cultures prélèveront cet azote;
- réduire la quantité totale d'azote épandu.

Sources d'azote

Engrais synthétiques

Les sources les plus courantes d'engrais azoté sont décrites dans le tableau 3–10, *Engrais — Éléments nutritifs primaires*, ci-dessous. En général, toutes les sources d'azote se valent. Ce sont davantage les coûts, la conduite des cultures et la facilité d'application qui font porter le choix sur une source plutôt qu'une autre.

S'il faut épandre de l'azote au printemps quand la température du sol est encore inférieure à 10 °C, l'utilisation d'urée peut contribuer à prévenir les pertes par lessivage. Dans de telles conditions, l'urée met de trois à six semaines environ pour se convertir en azote assimilable par les végétaux, soit en azote ammoniacal et en azote des nitrates. Étant donné que seul l'azote des nitrates est sujet au lessivage, les pluies du début du printemps ne provoqueront pas de lessivage de l'azote. Au moment où se produit la conversion de l'azote, la culture amorce une phase de croissance rapide qui réduit au minimum la percolation de l'eau dans le sol et par le fait même les risques de lessivage.

Tableau 3–10. Engrais — Éléments nutritifs primaires

Engrais azotés	Forme	Azote (% de N)
Nitrate d'ammonium	sèche	34
Urée	sèche	46
Sulfate d'ammonium	sèche	20
Nitrate d'ammonium et de calcium	sèche	27
Nitrate de calcium	sèche	15,5
Nitrate d'ammonium et urée	liquide	28–32
Ammoniac anhydre	liquide ¹	82
Engrais phosphatés	Forme	Phosphate (% de P ₂ O ₅)
Superphosphate simple	sèche	20
Superphosphate triple	sèche	46
Phosphate monoammonique (11-52-0)	sèche	50–52
Phosphate diammonique (18-46-0)	sèche	46
Polyphosphate d'ammonium (10-34-0)	liquide	34
Engrais potassiques	Forme	Potasse (% de K ₂ O)
Chlorure de potassium	sèche	60–62

Sulfate de potassium	sèche	50
Sulfate de potasse et de magnésie (11 % de Mg)	sèche	22
Nitrate de potassium (13-0-44)	sèche	44
¹ Liquide sous pression.		

Produits modifiant la libération d'azote

Les engrais à libération lente sont faits de granulés qui ont été enduits de soufre ou d'un polymère qui assure une libération graduelle de l'azote. Des inhibiteurs de la nitrification sont ajoutés à ces engrais azotés pour retarder la conversion chimique de l'urée en des formes biodisponibles. Selon les conditions météorologiques, il peut arriver que le moment de la libération de l'azote ne coïncide pas avec la période où les végétaux en ont le plus besoin.

Azote contenu dans le fumier

En plus de constituer une source d'éléments nutritifs et d'oligo-éléments, le fumier est aussi une source appréciable de matière organique qui contribue à bâtir et à maintenir la structure du sol. Ajuster les doses d'engrais en fonction des éléments nutritifs contenus dans le fumier.

De 50 à 60 % de l'azote assimilable contenu dans le fumier est assimilable au cours de la première saison de croissance suivant l'épandage. L'azote organique restant devient assimilable en petites quantités qui diminuent graduellement au cours des années subséquentes. Jusqu'à 10 % de l'azote total contenu dans le fumier peut être assimilable par la culture l'année suivante. Lorsque du fumier est appliqué régulièrement sur un champ, la concentration d'azote résiduel assimilable par une culture peut être appréciable.

Les quantités d'éléments nutritifs contenus dans le fumier peuvent varier considérablement. Le type d'élevage, la ration, la litière, les liquides ajoutés et le système de stockage sont autant de facteurs qui influencent la composition du fumier. Le tableau 3-11. *Valeurs de remplacement moyennes en fertilisants de différents types de fumier*, ci-dessus, montre la teneur approximative des fumiers en azote assimilable. Une analyse du fumier, offerte par plusieurs laboratoires en Ontario, donne un portrait plus précis de la composition d'un fumier en particulier. Voir l'annexe C, *Laboratoires accrédités pour les analyses de sol en Ontario*, p. 275, pour une liste de laboratoires offrant ce service.

Tableau 3–11. Valeurs de remplacement moyennes en fertilisants de différents types de fumier

Données fondées sur une moyenne des résultats d'analyse de plus de 3000 échantillons. Les données varient considérablement d'un fumier à l'autre, si bien que l'analyse du fumier reste la meilleure indication des éléments nutritifs assimilables.¹

Type de fumier	Moyenne de matière sèche (%)	N assimilable ² au printemps	P ₂ O ₅ assimilable ³	K ₂ O assimilable ⁴
		kg/1 000 L (lb/1 000 gal)		
Liquide — bovins laitiers	8,4	1,8 (18)	0,77 (7,7)	2,6 (26)
Liquide — porcs	3,7	2,7 (27)	1,2 (12,0)	1,9 (19)
Liquide — volaille	10,5	5,8 (58)	2,8 (28,0)	3,2 (32)
		kg/tonne (lb/t. imp.)		
Solide — volaille	55,3	10,5 (21,0)	11,0 (22,0)	13,4 (26,8)
Solide — bovins laitiers	25,0	1,8 (3,6)	1,5 (3,0)	5,2 (10,5)
Composté — bovins laitiers	38,3	2,9 (5,8)	2,6 (5,2)	11,8 (23,8)
Solide — bovins de boucherie	28,4	1,9 (3,8)	2,1 (4,3)	6,1 (12,2)
Moutons	33,8	2,9 (5,9)	2,6 (5,2)	8,3 (16,7)
Chevaux	37,4	1,3 (2,6)	1,4 (2,8)	4,6 (9,3)

¹ Données tirées des analyses de fumier fournies par les laboratoires de l'Ontario entre 1992 et 2007.
² En supposant un épandage au printemps avec enfouissement dans les 24 heures qui suivent. Le fumier non incorporé au sol apporte moins de N en raison des pertes d'ammoniac.
³ On estime que, l'année de l'application, la biodisponibilité du phosphate provenant du fumier ou de biosolides est égale à environ 40 % de celle du phosphate contenu dans les engrais commerciaux (une autre tranche de 40 % du phosphore sera biodisponible l'année suivante).
⁴ On estime que, l'année de l'application, la biodisponibilité du potassium provenant du fumier ou de biosolides est égale à environ 90 % de celle du potassium contenu dans les engrais commerciaux.

Utiliser le fumier de manière responsable :

- Éviter d'épandre du fumier sur un sol gelé ou enneigé.
- Éviter d'épandre du fumier quand le risque de ruissellement est élevé (sol détrempe, pluie imminente, etc.)
- Travailler le sol avant d'épandre du fumier liquide de manière à briser les fissures du sol et macropores, et à empêcher le fumier d'être emporté vers les drains souterrains et les nappes d'eaux souterraines peu profondes.
- Injecter le fumier dans le sol ou l'incorporer au sol de manière à réduire au minimum les pertes d'ammoniac dans l'atmosphère et à conserver ainsi davantage d'azote dans le sol pour le bénéfice des cultures.
- Pour le stockage du fumier, respecter les recommandations qui sont faites dans la fiche technique n° 05-010 du MAAARO, *Entreposage temporaire au champ de matières prescrites ou fumiers solides*.

Fumier et salubrité des aliments

Les fruits peuvent devenir contaminés au champ s'ils entrent en contact avec des agents pathogènes responsables de maladies chez l'être humain. Ces agents pathogènes peuvent provenir du fumier et des composts à base de fumier. On sait peu de choses sur leur persistance dans le fumier. Un compostage bien conduit du fumier, pendant lequel celui-ci reste à une température donnée pendant un certain temps, présente l'avantage de réduire la concentration de la plupart des agents pathogènes. Éviter les épandages de fumier dans les 120 jours qui précèdent la cueillette.

Légumineuses

Les légumineuses sont capables de piéger et de fixer l'azote atmosphérique. Lors de la décomposition des résidus d'une culture de légumineuses, l'azote devient assimilable par les cultures subséquentes. Quand une culture fruitière suit une culture de luzerne fourragère ou une culture de couverture de légumineuses comme le trèfle rouge, il faut réduire la dose d'engrais azoté tel qu'il est indiqué dans le tableau 3–12, *Apport azoté des légumineuses enfouies comme engrais vert*.

Tableau 3–12. Apport azoté des légumineuses enfouies comme engrais vert

Composition de l'engrais vert	Pour toutes les cultures, réduction du besoin en azote (kg de N/ha)
Moins du 1/3 en légumineuses	0
De 1/3 à 1/2 en légumineuses	55
1/2 ou plus en légumineuses	100
Légumineuses vivaces semées et enfouies la même année	45 ¹
Résidus de soya et de haricots de grande culture	0

¹ En supposant une forte densité du peuplement et une hauteur des plants de légumineuses supérieure à 40 cm.

Autres sources organiques d'éléments nutritifs

Certains producteurs épandent des matières sèches biologiques (biosolides) provenant de la pulpe et du papier dans leurs vergers et leurs vignobles pour maintenir les concentrations de matière organique dans le sol. Au préalable, il leur faut absolument obtenir un certificat d'autorisation du ministère de l'Environnement de l'Ontario (MEO) relativement au site. Les doses, qui dépendent de la teneur du produit en azote, peuvent osciller entre 25–30 tonnes sèches/ha. C'est le MEO qui décide en dernière analyse si la matière peut être épandue et à quel taux. Toutes les restrictions touchant cette opération sont stipulées sur le certificat d'autorisation.

Les biosolides produits par les usines d'épuration des eaux ou les papetières peuvent être une source importante d'éléments nutritifs et de matière organique. L'utilisation des biosolides est régie par des lignes directrices dont on peut obtenir copie en s'adressant au MAAARO ou au MEO. Le producteur qui veut épandre des biosolides sur ses terres agricoles doit obtenir au préalable un certificat d'autorisation délivré par le MEO. L'entreprise qui épand des biosolides doit normalement fournir des rapports d'analyse au propriétaire des terres sur lesquelles ces matières

sont épandues. Les producteurs de légumes doivent toujours se renseigner auprès de l'usine de transformation, de la conserverie ou de l'entreprise de courtage à laquelle ils vendent leurs produits, avant d'épandre des biosolides d'épuration municipaux sur une terre où la rotation culturale inclut des légumes.

Dans les trois mois qui précèdent la cueillette ou les vendanges, il est interdit d'épandre des biosolides d'épuration municipaux dans les vergers et les vignobles. Dans les plantations de petits fruits (fraises, framboises et bleuets), ce délai est de quinze mois.

Évitez de brûler les cultures!

Bien des engrais à base d'azote et de potasse renferment beaucoup de sel. Un éventuel contact entre les plantules en germination ou les jeunes plants et une bande de fertilisant concentré risque d'endommager gravement les racines fragiles. Il est donc important, à chaque application, de veiller à choisir le bon fertilisant et à utiliser la bonne dose.

L'urée est une source d'azote efficace et économique pour les épandages de pleine surface, mais sa teneur en sel est relativement élevée. L'urée ne convient donc pas aux engrais de démarrage ni aux applications en bandes latérales. Si le sol est sec au moment des plantations, l'urée risque de provoquer des brûlures dans les loams sableux à texture grossière, ce qui devrait inciter les producteurs à opter pour une autre source d'azote. L'ammoniac anhydre renferme aussi passablement de sel. C'est une bonne source d'azote pour les épandages en bandes latérales, pourvu que le produit soit injecté dans le sol.

Veiller à ce que les engrais utilisés au départ d'une culture ou au moment de sa mise en place renferment tout juste la quantité d'azote nécessaire pour assurer le démarrage de la culture. Les engrais qui ont une teneur en azote correspondant à plus de la moitié de leur teneur en phosphate renferment souvent de l'urée et risquent d'endommager la culture.

Phosphore

Comme l'azote, le phosphore joue un rôle majeur dans la photosynthèse et le développement des enzymes et des protéines. Il intervient aussi de façon importante dans la division cellulaire de même que dans la fabrication et le transport des glucides et des amidons.

Les concentrations de phosphore dans le sol sont assez variables d'un point à un autre de l'Ontario. Comme le phosphore a tendance à se lier aux particules de sol, il n'est pas emporté par lessivage. Bien des loams sableux grossiers renferment souvent de grandes quantités de phosphore. Les terres qui ont déjà reçu de nombreux épandages de fumier renferment des concentrations élevées de phosphore, de sorte que les cultures fruitières réagissent rarement à des apports de phosphore. Des teneurs excessives en phosphore peuvent induire des carences en zinc et en fer.

Les symptômes de carence en phosphore apparaissent habituellement en premier sur les vieilles feuilles. Les feuilles prennent une teinte rouge pourpre. Cette coloration peut être plus visible sur le revers des feuilles. Des carences graves peuvent aussi causer le dépérissement de la pointe des feuilles. Les sols frais et détremés induisent souvent des carences en phosphore. Pendant l'établissement des cultures fruitières mises en place tôt au printemps, utiliser un engrais de démarrage qui fournit la dose requise de phosphore directement dans la zone racinaire.

Le phosphore dans l'environnement

Les eaux de ruissellement sont les principales responsables de la contamination de l'environnement par le phosphore épandu sur les champs. Celles-ci emportent en effet le phosphore qui est en solution dans l'eau ou qui se trouve lié aux particules de sol détachées par l'érosion. La pollution des cours d'eau est à craindre quand les eaux de ruissellement ainsi contaminées atteignent une eau de surface.

Éviter de faire des apports de phosphore sur des sols dans lesquels la cote d'efficacité du phosphore est très faible (ETF) ou nulle (EN). S'il faut apporter du phosphore pour soutenir la croissance en début de saison, on peut l'épandre à faible dose, en bandes à proximité des racines ou le mélanger à la solution fertilisante de démarrage.

Avant tout épandage d'éléments nutritifs, les producteurs qui sont tenus de se doter d'un plan de gestion des éléments nutritifs doivent obligatoirement aménager une bande tampon de végétation permanente d'une largeur d'au moins 3 m aux abords de toute eau de surface. Il est fortement recommandé d'aménager une telle bande tampon même dans les cas où la loi n'en fait pas une obligation. L'herbe contribue à réduire l'érosion et filtre de façon naturelle les eaux de ruissellement qui gagnent le cours d'eau.

Quand l'analyse de sol révèle une teneur en phosphore supérieure à 30 ppm, utiliser l'indice-phosphore pour déterminer les distances de retrait à respecter par rapport aux eaux de surface. L'indice-phosphore utilise cinq facteurs, qui comprennent la pente du champ, la longueur de la pente, la classe de drainage du sol et la texture du sol, pour déterminer une dose approximative et des distances de retrait à respecter par rapport aux eaux de surface lors des épandages de phosphore.

Pour des détails, voir la fiche technique n° 05-068 du MAAARO, *Détermination de l'indice-phosphore dans un champ*.

Sources de phosphore

Engrais minéraux

Les sources les plus courantes d'engrais phosphaté sont décrites dans le tableau 3-10, *Engrais — Éléments nutritifs primaires*, p. 42.

Fumier

Si l'épandage est bien fait, le fumier constitue une source de phosphore qui est à la fois excellente et économique. Il enrichit en même temps le sol de matière organique et d'oligo-éléments. Le tableau 3-11, *Valeurs de remplacement moyennes en fertilisants de différents types de fumier*, p. 43, montre la teneur approximative des fumiers en phosphore assimilable par les végétaux.

Contrairement à l'azote, le phosphore contenu dans le fumier devient assimilable par les cultures sur une très longue période. Des épandages périodiques de fumier peuvent faire grimper les concentrations de phosphore dans le sol. La meilleure façon d'évaluer les répercussions à long terme des épandages de fumier est de faire analyser le sol.

Dans le cas de nombreuses cultures fruitières, les épandages de fumier peuvent constituer un risque pour la salubrité des aliments. Après un épandage de fumier, veiller à respecter un délai d'attente avant cueillette d'au moins 120 jours.

Méthodes d'application du phosphore

Comme le phosphore ne migre pas dans l'eau du sol, il est primordial de l'épandre en pleine surface et de l'incorporer au sol avant la plantation des cultures fruitières vivaces. Une partie du phosphore est souvent appliquée en bandes ou dans la solution d'engrais de démarrage au moment des plantations afin d'assurer une croissance vigoureuse des nouvelles plantations. Dans les cultures fruitières vivaces établies, le phosphore peut être épandu en pleine surface ou en bandes près des racines. Ne pas compter sur la fertirrigation pour enrichir le sol de phosphore.

Recommandations visant le phosphore

Se fier aux résultats d'une analyse de sol effectuée par un laboratoire accrédité par le MAAARO, ainsi qu'aux données du tableau 3-13, *Besoins en phosphore des petits fruits, des arbres fruitiers et des vignes*, ci-dessous. Pour plus de précisions sur les différentes cultures, voir *Nutrition des fruits tendres*, p. 55, *Nutrition des petits fruits*, p. 111, *Nutrition des pommiers*, p. 151, et *Nutrition de la vigne*, p. 206.

Tableau 3–13. Besoins en phosphore des petits fruits, des arbres fruitiers et des vignes

Phosphore du sol (ppm)*	Nouvelles plantations de bleuets, cassis, fraises, framboises, groseilles à grappe et à maquereau, matériel de pépinière	Plantations établies de bleuets, cassis, fraises, framboises, groseilles à grappe et à maquereau, matériel de pépinière	Nouvelles plantations ¹ de cerisiers, pêchers, poiriers, pommiers, pruniers et vignes
0–3	140 EE	100 EE	80 EE
4–5	130 EE	90 EE	60 EE
6–7	120 EE	80 EE	50 EE
8–9	110 EE	70 EE	40 EM
10–12	100 EE	70 EE	20 EM
13–15	90 EE	60 EE	0 EF
16–20	70 EM	50 EM	0 EF
21–25	60 EM	40 EM	0 ETF
26–30	50 EM	30 EM	0 ETF
31–40	40 EM	20 EM	0 ETF
41–50	0 EF	0 ETF	0 ETF
51–60	0 ETF	0 ETF	0 ETF
61–80	0 EN	0 EN	0 EN
plus de 80	0 EN	0 EN	0 EN

Les cotes d'efficacité EE (efficacité élevée), EM (efficacité moyenne), EF (efficacité faible), ETF (efficacité très faible) et EN (efficacité nulle) indiquent la probabilité que l'apport de l'élément nutritif ait un avantage économique.

* Mesuré par la méthode au bicarbonate de soude 0,5 M.

¹ Dans le cas des vergers et vignobles établis, les besoins sont évalués par l'analyse des tissus végétaux.

Potassium

Le potassium est un élément important des cellules végétales. Il influence aussi l'assimilation de l'eau par les racines en plus de jouer un rôle dans la respiration et la photosynthèse. Les teneurs en glucides et en amidon de cultures comme la pomme de terre et la tomate peuvent être influencées par les concentrations de potassium. La plupart des cultures ont besoin de parts égales de potassium et d'azote.

Habituellement, les carences en potassium se manifestent d'abord sur les vieilles feuilles. Elles peuvent provoquer le jaunissement ou le brunissement des pourtours des feuilles.

Sources de potassium

Engrais minéraux

Les sources les plus courantes de potassium sont décrites dans le tableau 3–10, *Engrais — Éléments nutritifs primaires*, p. 42.

Fumier

Le fumier est une source de potassium excellente et peu coûteuse, qui enrichit en même temps le sol de matière organique et d'oligo-éléments. Le tableau 3–11, *Valeurs de remplacement moyennes en fertilisants de différents types de fumier*, p. 43, montre la teneur approximative des fumiers en potasse assimilable.

Contrairement à l'azote, le potassium contenu dans le fumier a une très longue rémanence dans le sol. Les épandages périodiques de fumier peuvent avec le temps amener des accumulations de potassium dans le sol qu'on doit surveiller en faisant analyser le sol.

Dans le cas de nombreuses cultures fruitières, les épandages de fumier peuvent constituer un risque pour la salubrité des aliments. Après un épandage de fumier, veiller à respecter un délai d'attente avant cueillette d'au moins 120 jours.

Méthodes d'application du potassium

La mobilité des engrais potassiques est limitée, se situant entre celles de l'azote et du phosphore. Le potassium n'est pas sujet aux pertes par lessivage, sauf peut-être dans les sols très sableux pauvres en matière organique. Il faut épandre la potasse en pleine surface et l'incorporer au sol avant les plantations. Une fois la culture établie, si l'on utilise un système d'irrigation au goutte-à-goutte, jusqu'à la moitié des besoins en potassium peuvent être comblés par fertirrigation. Au moins la moitié du potassium doit être appliqué au printemps en pleine surface ou en bandes à l'aplomb du pourtour du feuillage ou dans la bande d'herbicide. Le potassium et l'azote peuvent être mélangés et appliqués en un seul passage.

Des applications foliaires sont possibles dans les vignobles où elles sont recommandées les années de sécheresse où les pieds de vigne parviennent mal à prélever les nutriments dans le sol. Les applications foliaires effectuées à la véraison peuvent améliorer le rendement en raisin.

Recommandations concernant le potassium

Se fier aux résultats d'une analyse de sol effectuée par un laboratoire accrédité par le MAAARO, ainsi qu'aux données du tableau 3–14, *Besoins en potassium des petits fruits, des arbres fruitiers et des vignes*. Pour plus de précisions sur les différentes cultures, voir *Nutrition des fruits tendres*, p. 55, *Nutrition des petits fruits*, p. 111, *Nutrition des pommiers*, p. 151, et *Nutrition de la vigne*, p. 206.

Des apports excessifs de potassium risquent de nuire à la capacité de la culture d'extraire le magnésium du sol. Là où les concentrations de potassium sont fortes, il y a lieu de craindre les carences en magnésium si les concentrations de cet élément sont déjà faibles.

Le potassium est important pour la coloration des fruits, la rusticité hivernale, la croissance des plants et la résistance aux maladies des arbres fruitiers. Chez le pommier et les arbres à fruits tendres, ne pas dépasser 3 kg de potasse par arbre, même dans les cas de carence grave.

Sur les plants de bleuets, les cassissiers et les groseilliers à grappe et à maquereau, ne pas utiliser de chlorure de potassium (0-0-60) en raison de leur sensibilité au chlorure.

Tableau 3-14. Besoins en potassium des petits fruits, des arbres fruitiers et des vignes

Potassium du sol (ppm)*	Plantations nouvelles ou établies de bleuets, cassis, fraises, framboises, groseilles à grappe et à maquereau, matériel de pépinière	Nouvelles plantations de cerisiers, pêcheurs, poiriers, pommiers et pruniers ¹	Nouveaux vignobles ^{1,2}
	Besoins en potasse (K₂O) en kg/ha		
0-15	130 EE	180 EE	270 EE
16-30	120 EE	170 EE	270 EE
31-45	110 EE	160 EE	270 EE
46-60	100 EE	140 EE	270 EE
61-80	90 EE	110 EE	270 EE
81-100	80 EE	70 EM	270 EE
101-120	70 EM	40 EM	270 EE
121-150	60 EM	20 EM	270 EM
151-180	40 EM	0 EF	270 EM
181-210	0 EF	0 EF	270 EM
211-250	0 ETF	0 ETF	270 EF
250+	0 EN	0 EN	270 EF

Les cotes d'efficacité EE (efficacité élevée), EM (efficacité moyenne), EF (efficacité faible), ETF (efficacité très faible) et EN (efficacité nulle) indiquent la probabilité que l'apport de l'élément nutritif ait un avantage économique.

* Mesuré à l'aide d'un extrait d'acétate d'ammonium 1 M.

¹ Dans le cas des vergers et vignobles établis, les besoins sont évalués par l'analyse des tissus végétaux.

² N'appliquer qu'une fois tous les deux ans.

Calcium

Le calcium est un élément indispensable des parois cellulaires. Il intervient dans le métabolisme et la formation du noyau cellulaire. Le pectinate de calcium dans les parois cellulaires fait obstacle à l'envahissement des cellules par les agents pathogènes. Le calcium est peu mobile à l'intérieur de la plante.

Des carences en calcium peuvent faire mourir les points végétatifs. Elles peuvent aussi provoquer la chute prématurée des fleurs et des bourgeons.

Les carences en calcium sont rares dans les cultures fruitières pratiquées dans des sols au pH entre 6,0 et 7,5. Dans les loams sableux à texture grossière, ayant un pH acide ou faible, des applications au sol ou foliaires de calcium peuvent être nécessaires. Voir le tableau 3–15, *Taux d'application du magnésium, du calcium et des oligo-éléments*, p. 48. Certaines cultures peuvent souffrir de désordres liés au calcium, par exemple, la brûlure de la pointe chez le fraisier, la gommose chez le prunier et les taches amères chez certains cultivars de pommier.

Plusieurs pratiques de gestion réduisent l'incidence des désordres liés au calcium. En évitant tout apport excessif d'azote, on contribue à prévenir une croissance végétative excessive et à éviter ainsi une dilution du calcium dans le végétal. De bonnes pratiques de gestion du sol garantissent une bonne croissance racinaire qui, à son tour, favorise une bonne assimilation de l'eau et des éléments nutritifs. Des arrosages effectués au bon moment favorisent la circulation du calcium dans les plants.

Des applications foliaires de calcium peuvent permettre de réduire l'incidence des taches amères chez les pommiers, de la gommose chez les pruniers européens, de la pourriture de la tige et de la rafle des raisins et de divers problèmes des poiriers. S'en tenir strictement à des applications foliaires si des problèmes sont appréhendés en raison des risques de brûlure des feuilles et de mûrissement prématuré. Voici les pages où trouver les doses recommandées selon les cultures : poirier et prunier, p. 59; pommier, p. 155; vigne, p. 208. Ne pas utiliser de bouillie concentrée pour les pulvérisations, sous peine de causer la brûlure du feuillage. Pour éviter de nuire à la qualité et aux qualités d'entreposage des fruits, s'abstenir d'appliquer des préparations renfermant de l'azote au-delà de la fin juillet, à moins qu'il ne faille corriger une carence en azote. Consulter la fiche technique n° 00-010 du MAAARO, *La lutte contre la tache amère des pommes*.

Tableau 3–15. Taux d'application du magnésium, du calcium et des oligo-éléments

Un certain nombre d'oligo-éléments sont offerts sous forme chélatée, sous différentes formulations et avec différentes teneurs en éléments nutritifs. Voir sur l'étiquette du produit les recommandations relatives à des cultures en particulier. La dose efficace est la même pour les produits chélatés que pour les autres formulations.

Élément	Source	Teneur en l'élément	Teneur en d'autres éléments nutritifs	Traitement	
				au sol	foliaire
Calcium (Ca)	chaux calcique	22–40 %		*	
	chaux dolomitique	16–22 %	6–13 % de magnésium	*	
	chlorure de calcium	36 %	64 % de chlorure	*	*
	nitrate de calcium	19 %	15,5 % d'azote	*	*
	sulfate de calcium (gypse)	23 %	19 % de soufre	*	
Magnésium (Mg)	chaux granulaire	16–40 %	0–13 % de magnésium		
	chaux dolomitique	6–13 %	16–22 % de calcium	*	
	sels d'Epsom	9 %	13 % de soufre	*	*
Bore (B)	sulfate de potasse et de magnésie	11 %	22 % de potasse (K ₂ O) 20 % de soufre	*	
	divers matériaux granulaires	12–15 %		*	
	borate de sodium	12–21 %		*	*
Cuivre (Cu)	Solubor	20 %			*
	sulfate de cuivre	13–25 %	6,5–12,5 % de soufre	*	
Fer (Fe)	cuivre chélaté	5–13 %			*
	sulfate de fer	20 %	11 % de soufre		*
Manganèse (Mn)	chélates de fer	3–13 %			*
	sulfate de manganèse	28–32 %	16–18 % de soufre		*
Molybdène (Mo)	manganèse chélaté	5–12 %			*
	molybdate de sodium	39 %			*
Zinc (Zn)	sulfate de zinc	36 %	17 % de soufre	*	*
	oxysulfate de zinc	8–36 %		*	
	zinc chélaté	9–14 %			*

Magnésium

Le magnésium est une composante indispensable de la chlorophylle. Il aide à la formation des glucides, des huiles et des gras.

Chez les pommiers, une carence en magnésium peut causer une chute prématurée des fruits, surtout s'il s'agit de McIntosh.

Une application foliaire permet de corriger une carence en magnésium dans l'année de l'application seulement, ce qui oblige à la doubler d'une application au sol pour corriger le problème à plus long terme.

Comme le magnésium est mobile à l'intérieur des végétaux et se diffuse vers les tissus en croissance, les carences en magnésium se manifestent habituellement sur les feuilles les plus vieilles en premier. Les tissus des feuilles entre les nervures jaunissent, tandis que les nervures restent vertes. Les carences graves provoquent l'enroulement du pourtour des feuilles.

Se fier au dosage du magnésium dans le sol effectué par un laboratoire accrédité par le MAAARO ainsi qu'aux données du tableau 3-16, *Cotes d'efficacité du magnésium dans les cultures fruitières en fonction des résultats des analyses de sol*, p. 49.

Comme des épandages excessifs de potassium peuvent entraîner une carence en magnésium, éviter les fortes doses de potasse dans les sols qui sont pauvres en magnésium.

Tableau 3-16. Cotes d'efficacité du magnésium dans les cultures fruitières en fonction des résultats des analyses de sol

Teneur du sol en magnésium* (ppm de Mg)	Cote d'efficacité	Recommandation
Inférieure à 20	EE	Un apport de magnésium (Mg) est nécessaire pour toutes les cultures. Si le pH est inférieur à 6,5, épandre de la chaux dolomitique. Si le pH est plus élevé, appliquer 30 kg de Mg soluble/ha. Des applications de potasse en excédent des doses recommandées sur le rapport d'analyse de sol augmentent les risques de carences en magnésium.
De 20 à 39	EM	Aucun apport de magnésium n'est nécessaire, à moins que l'analyse de sol ne révèle une teneur en potassium (K) supérieure à 250. Si le dosage du K est supérieur à 250 et que le pH est inférieur à 6,5, appliquer de la chaux dolomitique. Si le pH est plus élevé et que la teneur en K est supérieure à 250, appliquer 30 kg de Mg soluble/ha.
De 40 à 100	EF	S'il faut chauler, utiliser de la chaux dolomitique.
De plus de 100	EN	S'il faut chauler, utiliser indifféremment de la chaux dolomitique ou de la chaux calcique.

* Titré à l'acétate d'ammonium 1 M.
EE = efficacité élevée; EM = efficacité moyenne; EF = efficacité faible; et EN = efficacité nulle.

Oligo-éléments

Les oligo-éléments comprennent le bore, le cuivre, le fer, le manganèse, le molybdène et le zinc. Les végétaux utilisent ces éléments en beaucoup plus petites quantités que les macro-éléments que sont l'azote, le phosphore, le potassium, le calcium et le magnésium. Les quantités nécessaires étant tellement petites, il est en général inutile de faire des apports systématiques d'oligo-éléments. Il reste que les carences doivent absolument être corrigées, car les oligo-éléments sont indispensables à la croissance des végétaux.

Les concentrations d'oligo-éléments dans le sol sont habituellement beaucoup plus faibles que celles des macro-éléments. Le pH du sol, ses teneurs en matière organique, en argile et en minéraux peuvent influencer considérablement la biodisponibilité des oligo-éléments. Par conséquent, l'analyse de sol donne une idée moins précise de la biodisponibilité des oligo-éléments que de celle des macro-éléments.

Fertiliser le sol ou les feuilles?

Les deux types de fertilisation jouent un rôle dans la culture des fruits. Les cultures ont besoin pour leur croissance de quantités passablement importantes de macro-éléments (azote, phosphore, potassium, calcium et magnésium). La fertilisation du sol est par conséquent le moyen le plus efficace et le plus économique de fournir ces éléments aux végétaux. L'absorption foliaire des éléments nutritifs se fait par les cuticules et les stomates. La quantité d'éléments nutritifs assimilables par ces voies est par contre assez limitée. De forts taux d'application risquent d'endommager les cultures.

Comme les besoins en oligo-éléments sont beaucoup plus faibles, ils sont souvent comblés par des applications foliaires, surtout quand les conditions de sol limitent la biodisponibilité des oligo-éléments. Les applications foliaires sont le moyen le plus rapide de corriger une éventuelle carence en un oligo-élément. Selon l'oligo-élément en cause et le pH du sol, l'application foliaire peut être suivie d'une application au sol dans le but d'éviter que la carence ne manifeste à nouveau.

Ne pas appliquer d'oligo-éléments sur des cultures fruitières à moins qu'une carence ne soit observée. N'apporter que la quantité de l'oligo-élément nécessaire pour corriger la carence. L'écart est parfois mince entre la concentration qui provoque une carence et celle qui provoque la phytotoxicité.

Faire preuve de prudence au moment d'appliquer des mélanges de plusieurs oligo-éléments, pour éviter d'endommager les cultures. Toujours se conformer au mode d'emploi prévu sur l'étiquette du produit. Ne pas combiner d'oligo-éléments avec des bouillies insecticides, fongicides ou herbicides, à moins que des données publiées par le fabricant de chacun des produits ne précisent que les produits sont compatibles. Bien des oligo-éléments chélatés épaississent s'ils sont mélangés avec des pesticides. Se montrer vigilant lorsque des oligo-éléments sont appliqués au moyen d'un réseau de fertirrigation. Certains mélanges d'oligo-éléments peuvent obstruer les goutteurs.

L'absorption foliaire des éléments nutritifs peut être améliorée par le choix du moment de la fertilisation et par l'utilisation de surfactants. Les cuticules des feuilles tendres sont habituellement moins épaisses, ce qui facilite l'absorption des éléments nutritifs. L'absorption foliaire est aussi facilitée par les pulvérisations faites tôt le matin. L'épaississement de la cuticule causé par un stress hydrique peut nuire à l'absorption. Éviter d'effectuer des pulvérisations foliaires pendant le gros du soleil au moment où les feuilles s'assèchent rapidement. Veiller à ce que le produit recouvre bien tout le feuillage, surtout le revers des feuilles.

Bore

Le bore joue un rôle important dans la structure des parois cellulaires, la nouaison et la formation des graines ainsi que dans le métabolisme des protéines et des glucides.

Les carences en bore s'observent surtout dans les sols alcalins ou sur les collines sablonneuses. Les symptômes de carence en bore varient énormément d'une culture à l'autre. Chez le pommier, les symptômes se manifestent par la pourriture interne et la chute prématurée de fruits très colorés. Le bore peut être toxique pour certaines cultures qui y sont sensibles si celles-ci sont mises en place dans un sol qui aurait été enrichi de bore ou qui aurait fait l'objet d'une application excessive de bore.

Il n'existe pas d'analyse reconnue par le MAAARO pour le dosage du bore dans le sol. Certains rapports d'analyse de sol indiqueront toutefois une valeur pour le bore présent dans le sol. Comme les teneurs dans le sol sont souvent inférieures à 1 ppm, il est difficile d'obtenir une mesure précise. S'il s'agit de corriger une carence, les fabricants de fertilisants peuvent mélanger des sources de bore avec les engrais à appliquer. Pour des résultats plus rapides, les apports de bore peuvent aussi se faire par application foliaire. S'il faut appliquer du bore, se reporter au tableau 3–15, *Taux d'application du magnésium, du calcium et des oligo-éléments*, p. 48.

Certaines cultures sont très sensibles aux carences en bore, même lorsqu'elles sont légères. Un pH du sol qui se situe entre 5,0 et 7,0 offre les conditions optimales pour l'assimilation du bore. Les carences en bore risquent davantage de se manifester dans des sols pauvres en matière organique et dans des zones où le sous-sol est exposé ou érodé. La disponibilité du bore décroît en périodes de sécheresse.

Cuivre

Le cuivre joue un rôle dans la production de chlorophylle. Il peut aussi intervenir dans la suppression de certaines maladies.

Les carences en cuivre sont rares en sols minéraux, sauf peut-être dans les sols très sableux.

Il n'existe pas d'analyse reconnue par le MAAARO pour le dosage du cuivre dans le sol, car les teneurs en cuivre fournies par les analyses de sol sont peu fiables. Les analyses des tissus végétaux se révèlent plus utiles. Si un apport de cuivre est nécessaire, voir le tableau 3–15, *Taux d'application du magnésium, du calcium et des oligo-éléments*, p. 48. Le sulfate de cuivre peut endommager les feuilles. Pour limiter les dégâts, respecter scrupuleusement le mode d'emploi.

Fer

Le fer est nécessaire à la formation de chlorophylle, à la respiration végétale et à la formation de certaines protéines.

Bien qu'elle soit rarement observée en Ontario, la carence en fer, aussi appelée chlorose ferrique induite par la chaux, se manifeste d'abord sur les nouvelles feuilles. Celles-ci jaunissent entre les nervures, qui, elles, restent vertes sauf dans les cas extrêmes. Souvent, les symptômes ne sont observables que dans une partie du plant. Les facteurs liés aux carences en fer comprennent de fortes concentrations de chaux (et par conséquent des pH élevés), et des déséquilibres extrêmes avec d'autres oligo-éléments comme le molybdène, le cuivre ou le manganèse.

En Ontario, il est difficile d'établir un lien entre le dosage du fer révélé par une analyse de sol et l'absorption du fer par les plantes ou la réaction à la fertilisation, ce qui explique qu'il n'y ait pas d'analyse reconnue par le MAAARO pour le dosage du fer dans le sol. L'analyse des tissus végétaux est une mesure beaucoup plus fiable de la disponibilité du fer. Les carences en fer sont faciles à corriger par des applications foliaires de chélates de fer. Les applications au sol sont rarement efficaces. Voir le tableau 3–15, *Taux d'application du magnésium, du calcium et des oligo-éléments*, p. 48, et consulter l'étiquette du produit pour de l'information sur les doses et le moment des

applications.

Manganèse

Le manganèse intervient dans la photosynthèse et la production de chlorophylle. Il contribue à activer les enzymes participant à la distribution des régulateurs de croissance dans le végétal.

Les carences en manganèse provoquent le jaunissement des tissus entre les nervures des nouvelles feuilles. Le vert des feuilles pâlit graduellement, sauf près des nervures où il reste foncé. Des cas de toxicité du manganèse peuvent se manifester dans les sols ayant un faible pH. Des taches brunes ou des zones marbrées de jaune apparaissent alors près de la pointe et sur le pourtour des feuilles, les plus vieilles étant habituellement les plus atteintes. Des taches brunes peuvent aussi apparaître sur les nervures, les pétioles et les tiges.

L'analyse de sol reconnue par le MAAARO pour le dosage du manganèse s'utilise avec un indice de la biodisponibilité du manganèse. Cet indice révèle la biodisponibilité du manganèse en fonction de la concentration de manganèse dans le sol et du pH du sol.

On privilégie généralement les applications foliaires de manganèse pour le cas où la carence serait causée par un pH du sol élevé qui risquerait de nuire à la biodisponibilité des apports de manganèse. Les applications au sol peuvent être utiles dans les sols acides et sableux. Dans les sols alcalins, les applications en bandes latérales sont souvent plus efficaces que les applications en pleine surface. Si une carence est confirmée, faire les pulvérisations foliaires quand les plants ont atteint environ le tiers de leur taille ou avant. Deux pulvérisations ou plus peuvent être nécessaires à intervalles de 10 jours.

Si un apport de manganèse est nécessaire, se reporter au tableau 3–15, *Taux d'application du magnésium, du calcium et des oligo-éléments*, p. 48.

La biodisponibilité du manganèse est optimale lorsque le pH du sol se situe entre 5,0 et 6,5. Il est important de ne pas ajouter plus de chaux qu'il n'en faut pour corriger l'acidité du sol. Des teneurs élevées en matière organique réduisent la biodisponibilité du manganèse. Des applications foliaires peuvent être nécessaires aux cultures produites sur des terres noires.

Zinc

Le zinc est important dans les premiers stades de croissance et dans la formation des graines. Il joue aussi un rôle dans la production de la chlorophylle et des glucides.

Le zinc est relativement immobile à l'intérieur du plant. Les symptômes de carence apparaissent d'abord sur les nouvelles feuilles et prennent la forme de marbrures, d'une chlorose internervaire, de rayures ou de bandes de couleur différente. Aux stades de croissance avancés des arbres fruitiers, les petites feuilles étroites des pousses terminales sont disposées en rosettes. Ces dernières sont caractéristiques des carences en zinc. Les analyses des feuilles et du sol permettent de déceler les carences en zinc.

L'analyse de sol reconnue par le MAAARO pour le dosage du zinc exprime les résultats au moyen d'un indice de zinc. Celui-ci évalue la biodisponibilité du zinc en fonction de la concentration de zinc dans le sol et du pH du sol. Il est possible de prévenir une carence en zinc par l'application d'un engrais renfermant du zinc selon une dose de 4 kg de zinc/ha. Une application en pleine surface allant jusqu'à 14 kg de zinc/ha corrigera une carence pour trois ans. Ne pas épandre en bandes latérales plus de 4 kg de zinc/ha. Au début de la saison de croissance, les pulvérisations foliaires peuvent servir à corriger une carence une fois les symptômes apparus. S'il faut un apport de zinc, se reporter au tableau 3–15, *Taux d'application du magnésium, du calcium et des oligo-éléments*, p. 48.

Les carences en zinc sont surtout observées dans les sols sableux aux pH élevés. Les monticules fortement érodés

peuvent présenter des problèmes de carence. Des apports importants de phosphore peuvent aggraver les carences en zinc. Le fumier d'élevage est souvent une excellente source de zinc.

Pour corriger une carence en zinc, vérifier les doses et moments d'application des produits auprès des fabricants. S'il faut un apport de zinc, se reporter au tableau 3–15, *Taux d'application du magnésium, du calcium et des oligo-éléments*, p. 48. Des applications foliaires effectuées en début de saison peuvent permettre de corriger une carence après l'apparition des symptômes.

Cultures couvre-sol

Les cultures couvre-sol jouent un rôle clé dans la gestion du sol en offrant une couverture végétale qui réduit l'emprise de l'érosion et en enrichissant le sol de matière organique, ce qui contribue à maintenir ou à améliorer la structure du sol. Pour tirer pleinement parti de l'investissement dans une culture couvre-sol, la semer sitôt la culture récoltée. Même si les semis à la volée des cultures couvre-sol, suivis d'une incorporation au sol permettent à ces cultures de bien s'établir, la méthode du semis direct ou l'utilisation d'un semoir à grains donne des résultats plus rapides et un peuplement plus uniforme.

Le choix de la culture couvre-sol doit reposer sur les objectifs poursuivis. Voir le tableau 3–17, *Choix d'une culture couvre-sol*, p. 52, et le tableau 3–18, *Caractéristiques des cultures couvre-sol*, p. 53. Les cultures couvre-sol entrent dans trois grandes catégories selon le type de végétaux : les graminées, les légumineuses et les espèces dicotylédones non légumineuses.

Graminées

Les graminées ont des systèmes racinaires fins et fasciculés qui en font des plantes bien adaptées pour fixer le sol et en améliorer la structure. Les espèces de graminées à privilégier comme cultures couvre-sol sont celles qui poussent rapidement et qui sont faciles à détruire (soit chimiquement, soit mécaniquement ou par le froid hivernal). Les graminées ne fixent pas l'azote de l'atmosphère, mais elles peuvent absorber l'azote du sol en grandes quantités. Les bandes de graminées brise-vent sont habituellement créées à partir des cultures couvre-sol ayant résisté à l'hiver.

Céréales de printemps

Les céréales de printemps conviennent bien aux semis de fin d'été et de début d'automne. Sous de bonnes conditions de culture, les céréales de printemps sont les cultures qui produisent la biomasse la plus importante en plus de bien couvrir le sol. Une fois bien établies, les céréales de printemps sont relativement tolérantes au gel. Toutefois, ne pas chercher à établir des céréales de printemps tard à l'automne, car leur croissance sera limitée.

Céréales d'automne

Les céréales d'automne sont des cultures très polyvalentes. Semées durant l'été, elles produiront des talles et deviendront fournies, car elles ont besoin de froid pour amorcer leur floraison. On peut aussi les semer à l'automne comme cultures couvre-sol. En général, les céréales d'automne résistent bien à l'hiver tout en procurant une protection contre l'érosion tout au long de l'hiver et du printemps. On peut utiliser ces graminées pour créer des barrières brise-vent ou pour les résidus de chaume qu'elles laissent. On peut aussi les détruire tôt par un traitement herbicide afin qu'il reste le moins de résidus possible au moment des semis.

Graminées de saison chaude

Les graminées de saison chaude, comme le sorgho et le millet, se prêtent surtout aux semis effectués à la fin de juin, en juillet et au début d'août. Elles sont très sensibles au gel. Elles produisent des racines étendues et des parties

aériennes luxuriantes. Ces graminées ont besoin d'être tondues fréquemment si l'on veut maintenir leurs tiges souples et éviter l'épiaison. Ne pas le faucher à moins de 15 cm de hauteur pour lui assurer une bonne repousse. Pour une croissance optimale, un léger apport d'azote peut être nécessaire.

Légumineuses

Les cultures couvre-sol de légumineuses peuvent fixer l'azote de l'atmosphère et le rendre biodisponible aux cultures qui les suivent. Elles protègent aussi le sol contre l'érosion et l'enrichissent de matière organique. La quantité d'azote absorbée varie d'une légumineuse à l'autre. En général, plus les parties aériennes sont développées, plus les plants fixent l'azote. Des recherches menées en Ontario suggèrent que les légumineuses utilisées comme cultures couvre-sol, notamment le trèfle rouge, sont aussi utiles pour le piégeage de l'azote du sol.

La libération d'azote par les légumineuses n'est pas uniforme. Il faut en tenir compte dans la détermination des apports de fertilisant nécessaires. Trop d'azote libéré tard dans la saison peut mener à un excès de croissance végétative dans les cultures fruitières.

Certaines espèces de légumineuses, comme la luzerne ou le trèfle rouge, ont une racine pivotante très puissante capable de s'enfoncer jusque dans le sous-sol compacté, mais il faut pour cela que la plante reste en place pendant plus d'un an.

Espèces dicotylédones non légumineuses

Ces espèces n'ont pas la faculté de fixer l'azote de l'air, mais elles peuvent en absorber de grandes quantités qu'elles puisent dans le sol. La croissance sera faible si le sol est pauvre en azote ou s'il est très compacté. Aucune de ces espèces ne résiste à l'hiver, aussi n'est-il pas nécessaire, normalement, de les détruire, mais il ne faut pas les laisser monter à graines, pour éviter un problème de repousses spontanées dans la plantation fruitière.

Cultures couvre-sol nouvelles et émergentes

Chaque année, de nouvelles cultures sont évaluées comme cultures couvre-sol. Souvent, ces espèces viennent d'ailleurs et ne sont pas très bien adaptées aux conditions de croissance de l'Ontario. Pour plus d'information sur les nouvelles espèces de plantes couvre-sol et celles qui sont bien connues, consulter la page Web du MAAARO consacrée à la gestion des sols, à www.ontario.ca/cultures ou consulter les pages régionales du Midwest Cover Crop Council à www.mccc.msu.edu.

Tableau 3–17. Choix d'une culture couvre-sol

Fonction de la culture couvre-sol	Culture la plus indiquée
Production d'azote	Trèfle rouge ou vesce
Piégeage de l'azote	Assimilation à l'automne : radis oléagineux et autres brassicacées (crucifères), avoine Assimilation durant l'hiver ou le printemps : blé d'automne, seigle
Maîtrise partielle des mauvaises herbes	Radis oléagineux et autres brassicacées (crucifères), seigle d'automne Sarrasin
Maîtrise partielle des nématodes ¹	Moutarde Cutlass Hybrides de sorgho et d'herbe du Soudan – Sordan 79, Trudan 8 Millet perlé – CFPM 101 Tagète – Crackerjack, Creole Radis oléagineux – Adagio, Colonel
Amélioration de la structure du sol	Avoine, seigle d'automne après un hiver
Ameublissement d'un sol compacté	Luzerne, mélilot
Retour au sol de biomasse	Automne : avoine, radis oléagineux Été : millets, sorghos, herbes du Soudan
Protection contre les érosions éolienne ou hydrique	Seigle d'automne, blé d'automne, raygrass bien établi
¹ La maîtrise partielle des nématodes dépend spécifiquement de la culture couvre-sol employée et de l'espèce de nématode à combattre.	

Tableau 3–18. Caractéristiques des cultures couvre-sol

Espèce	Taux de semis kg/ha ¹	Moment du semis	Temp. de germination min. en °C (°F)	Azote fixé (F) / piégé (P) ²	Rusticité	Amélioration de la structure du sol	Maîtrise partielle des mauvaises herbes	Hospitalité ³ à l'égard des nématodes des racines / cédidogènes	Croissance	Type de racine
Graminées										
céréales de prin- temps	100– 125	mi-août– sept.	9 (48)	P	détruites par une forte gelée	bonne	bonne	+/-	très rapide	fibreuse
blé d'automne	100– 130	sept.–oct.	3 (38)	P	résiste très bien à l'hiver	bonne	bonne	+/nh	rapide	fibreuse
seigle d'automne	100– 125	sept.–oct.	1 (34)	P	résiste très bien à l'hiver	très bonne	très bonne	+ ⁴ /nh	très rapide	fibreuse
hybrides de sor- gho et d'herbe du Soudan	50	juin–août	18 (65)	P	ne résistent pas au gel	bonne	bonne/ pass- able	nh ³ /-	très rapide	fibreuse gros- sière
millet perlé	4	juin–août	18 (65)	P	ne résiste pas au gel	bonne	bonne/ pass- able	nh ³ /nh ³	rapide	fibreuse gros- sière
raygrass	12–18	avr.–mai ou août– début sept.	4,5 (40)	P	ray-grass annuel et d'Italie : sur- vivent partiel- lement; vivaces : résistent	très bonne	pass- able/ médio- cre	-/-	établissement lent	fibreuse
Dicotylédones — Légumineuses⁵										
vesce velue	20–30	août	15,6 (6 0)	F/P	survit à l'hiver	bonne	pass- able/ médio- cre	++/+	établissement lent	pivotante avec racines se- condaires fibreuses
trèfle rouge	8–10	mars– avr.	5 (41)	F/P	survit à l'hiver	bonne	pass- able	++/+++	établissement lent	pivotante faible ou fi- breuse
méliot	8–10	mars– avr.	5,5 (42)	F/P	survit à l'hiver	bonne	pass- able	-/-	établissement lent	pivotante forte
soya	40–50	août	8 (46)	F/P	ne résiste pas au gel	médio- cre	bonne/ pass- able	+/+	rapide	pivotante
pois de grande culture	40– 100	juil.– début sept.	5 (41)	F/P	détruits par une forte gelée	médio- cre	bonne/ pass- able	-/-	rapide	pivotante faible ou fi- breuse
Dicotylédones — Non-légumineuses										

sarrasin	50–60	juin–août	10 (50)	P	détruit par la première gelée	médio-cre	très bonne	+++/nh	rapide	pivotante faible ou fibreuse
radis oléagineux ⁶	10–14	mi-août–début sept.	7 (45)	P	détruit par une forte gelée	passable	très bonne	- ³ /- ³	rapide	pivotante moyenne
autres brassicacées ⁶ c.-à-d. moutarde, radis oléagineux	varie selon l'espèce	mi-août–début sept.	5–7 (41–45)	P	selon l'espèce; bon nombre détruites par une forte gelée	passable	très bonne	- ³ /- ³	rapide	pivotante moyenne

Hospitalité à l'égard des nématodes : – = peu ou pas du tout hospitalière; + = hospitalière; nh = non-hôte.

¹ 100 kg/ha = 90 lb/ac.

² Le radis oléagineux, le sarrasin et les graminées ne fixent pas l'azote atmosphérique, mais piègent l'azote contenu dans le sol et les fumiers.

³ Des différences variétales au sein des espèces peuvent modifier la réaction des nématodes.

⁴ Le classement du seigle de pleine saison à l'égard des nématodes serait plus élevé.

⁵ Certaines maladies causées par *Pythium* et *Phytophthora* peuvent être plus graves après une culture couvre-sol de légumineuses.

⁶ Les résidus de radis oléagineux et d'autres brassicacées peuvent être toxiques ou allélopathiques pour la culture suivante si celle-ci suit de trop près la date d'enfouissement de l'engrais vert. Laisser la chance aux résidus de la culture de couverture de se décomposer ou de s'assécher avant la mise en place de la culture suivante.

Comment commander la publication 360, recommandations pour les cultures fruitières :

- En ligne à ServiceOntario Publications - <https://www.publications.serviceontario.ca/ecom/>
- Par téléphone au Centre de service de ServiceOntario
Lundi à vendredi, 8 h 30 à 17 h
416-326-5300
416-325-3408 (TTY)
1-800-668-9938 Sans frais au Canada
1-800-268-7095 ATS Sans frais en Ontario
- En personne aux Centres ServiceOntario - <http://www.ontario.ca/en/residents/index.htm>