

Dernière mise à jour le **16 mai 2018**

Les apports requis d'azote et de calcium sont essentiels pour obtenir des rendements de qualité. Cependant, la fertilisation des arbres peut compliquer la gestion des ravageurs et en particulier des maladies. Ce bulletin sur l'azote et le calcium a pour but de présenter une approche de fertilisation qui répond à la fois aux impératifs physiologiques des arbres, sans pour autant augmenter les problèmes de maladies et des insectes. Ce bulletin est complémentaire à la [fiche 37](#) du guide PFI.

Azote (N)

L'azote doit être disponible à l'arbre au moment de la floraison et très tôt pendant la période de croissance. Pendant l'été, les effets négatifs de l'azote sont plus importants que les effets positifs. Par exemple, l'azote disponible à l'arbre tardivement retarde la formation du bourgeon terminal, ce qui augmente les problèmes de tavelure secondaire, de feu bactérien et de pucerons notamment. Les excès d'azote en été ont également des effets physiologiques néfastes connus depuis très longtemps¹ sur la coloration, la fermeté, la chute prématurée et plusieurs désordres de conservation des fruits (liège, point amer, scald, brunissement vasculaire, sénescence)^{2,3}. Les vergers en excès d'azote sont plus souvent affectés par des problèmes comme le point amer et ce malgré des traitements répétés de calcium⁴. De plus les arbres en excès d'azote sont plus sensibles au gel hivernal⁵. Pour optimiser la disponibilité de l'azote au bon moment, il faut tenir compte des réserves de l'arbre et fertiliser en conséquence, au moment opportun⁶. Par exemple, l'azote appliqué au sol au printemps est souvent disponible trop tard et n'est utile que pour l'année suivante. L'azote appliqué tardivement au sol est donc toujours une nuisance pendant toute la saison de croissance. Les applications foliaires tôt au printemps sont les plus efficaces au moment où l'arbre en a besoin⁷.

Azote au sol

En général, le nitrate de calcium est préférable au nitrate d'ammonium parce que l'apport de calcium au sol réduit l'incidence de point amer et améliore la qualité générale des fruits.⁴ En fait, les engrais à base d'ammonium devraient être évités parce qu'ils nuisent à l'absorption du calcium². Les fruits des parcelles traitées avec du nitrate⁵ ou du sulfate¹ d'ammonium sont généralement moins colorés et moins fermes. Cependant, une application au sol très tôt en saison (avant le débourrement) d'urée (qui libère de l'ammoniaque) est encouragée pour combattre la tavelure ([voir fiche 101](#)). L'application d'une solution de 5% d'urée au sol (10 d'azote par ha pour 400L de bouillie) remplace le DAP (diammonium phosphate, environ 20 unités d'azote) et la balance requise devrait être fournie par du nitrate de calcium.

Azote foliaire

L'urée foliaire (et probablement toutes les sources d'azote) ne devrait pas être appliquée sur les arbres déjà en excès d'azote. Cependant, l'urée foliaire appliquée tôt en saison (entre le stade débourrement et la floraison) est utile à l'arbre et aide à réprimer la tavelure^{8,9}. Lorsqu'appliquée au moment de la floraison, l'urée a aussi un léger effet d'éclaircissage¹⁰. Plus tard en saison, l'azote devrait être proscrit. Les problèmes de l'azote en été ne sont pas seulement reliés à l'urée tardif. Les applications foliaires d'azote sous toutes ses formes ne devraient pas être faites entre le stade calice et la récolte. Ainsi, même si la quantité d'azote appliquée lors des traitements de nitrate de calcium est généralement faible, les effets négatifs de l'azote restent mesurables. Suite aux traitements de nitrate de calcium, la quantité d'azote dans la pelure et la chair des fruits augmente¹¹ et a pour effet une dégradation de la couleur¹² et la qualité des fruits¹³. Par ailleurs, l'urée foliaire post récolte nourrit les bourgeons et est probablement la stratégie optimale pour fournir de l'azote aux arbres au moment où ils en ont besoin, soit au moment du débourrement pour l'année suivante.

Directives pour les traitements foliaires d'azote:

La stratégie proposée au printemps pour optimiser les bénéfices de l'azote consiste à appliquer de l'urée à répétition entre le stade pré bouton rose et le stade calice à raison de 3 kg/ha par application pour un total d'environ 5 passages (15 kg/ha d'urée donnent environ 7 unités d'azote). Mélanger l'urée à vos traitements fongicides est probablement la meilleure approche pour y arriver. Le Solubor qui est recommandé dès le stade bouton rose¹⁴ est compatible en mélange avec l'urée¹⁵.

Calcium (Ca)

Le chaulage et les apports calciques au sol (ex : chaulage et nitrate de calcium) ne sont pas toujours efficaces pour augmenter la concentration en calcium des fruits¹⁶ et réprimer le point amer¹⁷. Les applications foliaires de calcium durant l'été sont souvent essentielles pour prévenir le point amer (bitter pit) et d'autres désordres physiologiques (ex : scald^{11,18}), notamment sur des cultivars comme Spartan² et HoneyCrisp¹⁹. Les apports de calcium peuvent aussi améliorer la grosseur, densité, fermeté, couleur et l'apparence générale des fruits^{11,18}. De plus, les traitements de calcium ont aussi un effet contre les maladies. Le chlorure de calcium (mais pas les autres formes de calcium) réprime en partie la tavelure (feuilles et fruits)²⁰, le blanc²¹, la suie-moucheture²² et la pourriture amère^{22,23}.

Cependant, les bénéfices des traitements de calcium ne sont pas toujours mesurables parfois parce que les apports ne sont pas optimaux. Par exemple, le calcium est mieux absorbé quand l'humidité relative est élevée et qu'il ne fait pas trop chaud. Les fruits les plus exposés aux températures élevées (évaporation élevée) absorbent moins de calcium. La dimension des fruits affecte aussi l'absorption, les fruits les plus gros absorbent moins de calcium¹⁶. Il est donc préférable de commencer les apports tôt en saison. Finalement, toute croissance végétative en été nuit à l'absorption du calcium. Favoriser la formation rapide d'un bourgeon terminal (éviter l'azote et la taille, régulateur de croissance, etc) augmente donc l'absorption du calcium.

Pour assurer un usage optimal et une pénétration suffisante de calcium, des applications répétées sont requises et les traitements doivent généralement commencer à la mi juin²⁴. Cependant, l'absorption par les jeunes fruits est variable et la date optimale de début des traitements pourrait varier selon le cultivar²⁵. Steve Hoying (Cornell) recommande en fait de débiter les traitements de calcium dès la chute des pétales²⁶. Plus de 6 traitements par année peuvent être nécessaire pour en bénéficier¹⁸ (ex : aux 2 semaines), mais la fréquence optimale peut être plus élevée. Il est possible d'obtenir un effet positif du calcium avec un seul traitement à deux semaines de la récolte, mais cette pratique est en général risquée (phytotoxicité, maturation plus rapide des fruits, etc)². La pénétration du calcium peut être bonne lors des applications tardives de calcium, mais les bénéfices pour réprimer le point amer seront moindres¹⁷.

Lors des traitements foliaires, la vitesse de pénétration du calcium dans les fruits est assez constante entre 15-30°C²⁷, mais relativement lente. Il est donc important de choisir un sel avec la pénétration la plus rapide pour éviter les pertes à cause du lessivage par la pluie.

Chlorure de calcium (CaCl₂) : De toutes les formulations de calcium, le chlorure (CaCl₂) vendu sous forme de flocons (77% CaCl₂, soit 28-29% Ca) est la plus efficace, la moins chère et son usage est permis en production biologique²⁸. En laboratoire, la vitesse de pénétration du CaCl₂ est supérieure à la vitesse de pénétration de la plupart des autres formulations de calcium, incluant les formulations commerciales plus complexes, parfois appelées « organiques » (acétate, carbonate, lactate, proprionate, nitrate)^{17,29,16}. Cette observation s'explique par le fait que le chlorure de calcium a un point de déliquescence très faible. Autrement dit, le chlorure est très hygroscopique. En présence d'humidité il revient rapidement en solution, ce qui permet son absorption par la plante. Ces

résultats ont été confirmés en verger¹¹ ; les fruits traités avec le chlorure sont plus fermes qu'avec les autres sources de calcium. Finalement, le nitrate de calcium est plus souvent sujet à causer des dommages aux lenticelles des fruits³⁰ que le chlorure (Idared, Spartan). Pour toutes ces raisons, le chlorure de calcium a graduellement remplacé le nitrate qui était recommandé avant 1960².

Cependant, cet atout du chlorure de calcium peut devenir problématique quand la vitesse de pénétration dépasse la capacité de la plante. Le chlorure de calcium devient alors phytotoxique et cause une brûlure du feuillage. La sévérité de la brûlure est variable et ne porte pas toujours à conséquence. Cet effet est observé notamment lorsque la dose par hectare est excessive et que le produit est appliqué lors de conditions de séchage très lentes, lorsque la température dépasse 26-27°C, que le feuillage est déjà fragilisé par des ravageurs (ex : acaridés), ou en fin de saison.¹¹ Il faut alors ajuster la dose de chlorure de calcium à la baisse et attendre la baisse de la température en soirée avant de traiter. L'ajout de conditionneurs, adjuvants et agents mouillants peuvent également aggraver les problèmes. Ces produits ne sont pas nécessaires pour l'absorption du chlorure de calcium.

Autres formulations de calcium :Le phosphite de calcium (aussi appelé phosphonate) est une possibilité, mais tous les phosphonates laissent des résidus très persistants dans les arbres pendant des années ([Voir fiche 49](#)).

Directives pour les traitements foliaires de chlorure de calcium:

Débuter les applications entre la fin mai et la mi-juin et continuez jusqu'à la récolte en baissant graduellement la fréquence. Par exemple, chaque semaine en juin (4 applications), chaque 10 jours en juillet (3 applications) et aux deux semaines par la suite (3 applications). Les applications hâtives sont les plus efficaces contre le point amer et les applications tardives apportent les autres bénéfices¹⁷. La dose usuelle de chlorure de calcium varie selon le moment de l'application et débute à 4 kg/ha²⁶ monte à 7 kg/ha²⁵, 9 kg/ha¹⁸ et même plus^{17,26} par traitement. Il est toujours préférable d'augmenter le nombre de traitements et diminuer la dose que l'inverse. Un programme de 72 kg/ha par saison de la formulation est recommandé (8 à 10 applications)³⁰ pour un total approximatif de 20 kg/ha de calcium par année. Par contre, en absence de pluie il n'est pas utile de renouveler un traitement encore en place. La quantité à appliquer doit être ajustée à la dimension des arbres (ex : TRV). Cependant, le volume de bouillie n'a pas d'impact sur l'absorption. Pour une même quantité par hectare, les traitements en concentré (ex : 250 L/ha) sont aussi efficaces que les traitements en dilué^{25,31}. À raison de 1\$/kg pour le chlorure de calcium, le coût des traitements (ex : 10 applications @ 4-10 kg/ha = 70\$/ha) est très faible.

Notes additionnelles pour les traitements foliaires de chlorure de calcium:

Si une application de chlorure de calcium coïncide avec un traitement de APOGEE ou de KUDOS, ne pas mélanger les produits³². Traiter APOGEE ou KUDOS au moins deux ou 3 jours avant le calcium pour assurer l'efficacité du régulateur de croissance³³. L'hormone sera moins efficace si elle est appliquée sur des résidus de calcium³². Le chlorure de calcium est incompatible²⁶ avec le sel d'Epsom, le Polyram et le soufre de type « poudre mouillable ». Le mélange du chlorure de calcium et du bicarbonate de potassium produit une suspension de carbonate de calcium qui est peu efficace comme source de calcium¹⁷ et annule l'effet fongicide du bicarbonate³⁴. Autrement, le chlorure de calcium peut être ajouté en mélange avec la plupart des pesticides utilisés en été. Le mélange de Solubor et de chlorure de calcium améliore la pénétration du bore³⁰.

Pour terminer: Le trempage des fruits dans le chlorure de calcium après récolte a peu d'efficacité contre le point amer, mais peut réduire une partie des problèmes de sénescence².

Références

1. Hill, H. Foliage analysis as a means of determining orchard fertilizer requirements. *Rep XIIIth Int Hort Congr Lond*(1952).
2. Bramlage, W. J., Drake, M. & Lord, W. J. The influence of mineral nutrition on the quality and storage performance of pome fruits grown in north america. *Acta Hort.*29-40 (1980). doi:10.17660/ActaHortic.1980.92.4
3. Sharples, R. O. The influence of orchard nutrition on the storage quality of apples and pears grown in the United Kingdom. *Acta Hort.*17-28 (1980). doi:10.17660/ActaHortic.1980.92.3
4. Raese, J. T., Staiff, D. C. & others. Fruit calcium, quality and disorders of apples (*Malus domestica*) and pears (*Pyrus communis*) influenced by fertilizers. *Plant Nutr. Tree Physiol. Appl. Kluwer Acad. Publ. Dordr.*619-623 (1990).
5. Raese, J. T., Drake, S. R. & Curry, E. A. Nitrogen Fertilizer Influences Fruit Quality, Soil Nutrients and Cover Crops, Leaf Color and Nitrogen Content, Biennial Bearing and Cold Hardiness of 'Golden Delicious'. *J. Plant Nutr.***30**,1585-1604 (2007).
6. Sugar, D., Righetti, T. L., Sanchez, E. E. & Khemira, H. Management of Nitrogen and Calcium in Pear Trees for Enhancement of Fruit Resistance to Postharvest Decay. *HortTechnology***2**,382-387 (1992).
7. Dong, S., Cheng, L., Scagel, C. F. & Fuchigami, L. H. Timing of urea application affects leaf and root N uptake in young Fuji/M. 9 apple trees. *J. Hort. Sci. Biotechnol.***80**,116-120 (2005).
8. Stoddard, E. M. Fungicidal synergism between urea and sulfur. *Phytopathology***40**, (1950).
9. Palmiter, D. H. & Hamilton, J. M. Influence of Certain Nitrogen and Fungicide Applications on Yield and Quality of Apples. (1954).
10. Basak, A. The search for safer technologies of apple fruitlets thinning. in *VII International Symposium on Plant Growth Regulators in Fruit Production* 329240-242 (1992).
11. Raese, J. T. & Drake, S. R. Effect of calcium spray materials, rate, time of spray application, and rootstocks on fruit quality of 'red' and 'golden delicious' apples. *J. Plant Nutr.***23**,1435-1447 (2000).
12. Sharples, R. O. & Little, R. C. Experiments on the use of calcium sprays for bitter pit control in apples. *J. Hort. Sci.***45**,49-56 (1970).
13. Meheriuk, M. Skin color in 'Newtown' apples treated with calcium nitrate, urea, 'diphenylamine, and a film coating. *HortScience***25**,775-776 (1990).
14. Peryea, F. J., Neilsen, D. & Neilsen, G. Boron Maintenance Sprays for Apple: Early-season Applications and Tank-mixing with Calcium Chloride. *HortScience***38**,542-546 (2003).
15. Stover, E., Fargione, M., Risio, R., Stiles, W. & Iungerman, K. Prebloom Foliar Boron, Zinc, and Urea Applications Enhance Cropping of Some 'Empire' and 'McIntosh' Apple Orchards in New York. *HortScience***34**,210-214 (1999).
16. Yamane, T. Foliar Calcium Applications for Controlling Fruit Disorders and Storage Life in Deciduous Fruit Trees. *Jpn. Agric. Res. Q. JARQ***48**,29-33 (2014).
17. Neilsen, G., Neilsen, D., Dong, S., Toivonen, P. & Peryea, F. Application of CaCl₂ sprays earlier in the season may reduce bitter pit incidence in 'Braeburn' apple. *HortScience***40**,1850-1853 (2005).
18. Kadir, S. A. Fruit Quality at Harvest of "Jonathan" Apple Treated with Foliarly-Applied Calcium Chloride. *J. Plant Nutr.***27**,1991-2006 (2005).
19. Biggs, A. R. & Peck, G. M. Managing bitter pit in 'honeycrisp' apples grown in the mid-atlantic united states with foliar-applied calcium chloride and some alternatives. *HortTechnology***25**,385-391 (2015).
20. Percival, G. C. & Haynes, I. The influence of calcium sprays to reduce fungicide inputs against

- apple scab (*Venturia inaequalis*(Cooke) G. Wint.). *Arboric. Urban For.***35**,263-270 (2009).
21. Al-Rawashd, Z. Ability of Mineral Salts and Some Fungicides to Suppress Apple Powdery Mildew Caused by the Fungus *Podosphaera leucotricha*. *Asian J. Plant Pathol.***7**,54-59 (2013).
 22. Biggs, A. R. Effects of Calcium Salts on Apple Bitter Rot Caused by Two *Colletotrichum* spp. *Plant Dis.***83**,1001-1005 (1999).
 23. Boyd-Wilson, K. S. H. *et al.* Compounds alone and in combination with yeasts to control *Colletotrichum acutatum* in apples. *Australas. Plant Pathol.***43**,703-714 (2014).
 24. Peryea, F. J., Neilsen, G. H. & Faubion, D. Start-timing for calcium chloride spray programs influences fruit calcium and bitter pit in 'Braeburn' and 'Honeycrisp' apples. *J. Plant Nutr.***30**,1213-1227 (2007).
 25. Wojcik, P. Effect of calcium chloride sprays at different water volumes on "Szampion" apple calcium concentration. *J. Plant Nutr.***24**,639-650 (2001).
 26. Calcium sprays for bitter pit should start at petal fall. *Good Fruit Grower*(2013). Available at: <https://www.goodfruit.com/calcium-sprays-for-bitter-pit-should-start-at-petal-fall/>. (Accessed: 11th May 2018)
 27. Schönherr, J. Characterization of aqueous pores in plant cuticles and permeation of ionic solutes. *J. Exp. Bot.***57**,2471-2491 (2006).
 28. *Organic production systems Permitted substances lists. Canadian General Standards Board***CAN/CGSB-32.311-2015**,
 29. Schönherr, J. Foliar nutrition using inorganic salts: laws of cuticular penetration. in *International Symposium on Foliar Nutrition of Perennial Fruit Plants* 59477-84 (2001).
 30. Apple Best Practice Guide. *Defra and AHDB (Agriculture and Horticulture Development Board)* Available at: <http://apples.ahdb.org.uk>.
 31. Greene, G. M. & Smith, C. B. The influence of calcium chloride rate and spray method on the calcium concentration of apple fruits. *Acta Hort.*316-317 (1980). doi:10.17660/ActaHortic.1980.92.49
 32. Greene, D. W. & Autio, W. R. Apogee®-a new growth retardant for apples. *Univ Mass Ext Factsheet F-127R*(2002).
 33. Rademacher, W. & Kober, R. Efficient Use of Prohexadione-Ca in Pome Fruits. *Eur. J. Hortic. Sci.***68**,101-107 (2003).
 34. Montag, J., Schreiber, L. & Schönherr, J. An in vitro study on the postinfection activities of hydrated lime and lime sulphur against apple scab (*Venturia inaequalis*). *J. Phytopathol.***153**,485-491 (2005).