

Les apports d'engrais sont essentiels pour obtenir des rendements optimaux de qualité. Une fertilisation déficiente diminue les rendements, mais des apports trop importants et mal ciblés peuvent aussi débalancer les arbres en faveur de la croissance au lieu de nourrir les fruits. L'atteinte d'un optimum entre les feuilles et les fruits pour l'interception de la lumière sans trop ombrager la culture est déterminant<sup>1</sup>. La fertilisation des arbres peut aussi compliquer la gestion des ravageurs et en particulier des maladies. Ce bulletin 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 centré sur l'azote, le calcium et le bore est complémentaire à la [fiche 37](#) du guide PFI et ne traite pas d'aspects fondamentaux de la nutrition des arbres comme le pH des sols, le drainage et l'oxygène au niveau des racines, ou les besoins des autres éléments (ex. : phosphore, potassium, magnésium). Notez que les besoins en fertilisation varient selon le cultivar, la charge des arbres et d'autres facteurs<sup>2</sup> qui débordent du cadre de cette fiche. En pomiculture, une analyse foliaire annuelle standardisée environ 60 jours après la chute des pétales<sup>3</sup> est essentielle pour établir un diagnostic précis qui servira à assurer que les apports soient en équilibre et mieux cibler le moment de vos interventions. Dans les vergers en production, les analyses de sol sont complémentaires aux analyses foliaires<sup>4</sup>.



La croissance excessive retarde la formation du bourgeon terminal, ce qui favorise les ravageurs comme les pucerons et le feu bactérien.

#### **Azote (N)**

Quand l'azote du sol est limitatif, les apports aident à maintenir la vigueur des arbres, le calibre des fruits, limitent la bisannalité<sup>2</sup>, etc. Cependant, quand les réserves de l'arbre excèdent les besoins, les apports additionnels peuvent être nuisibles. Puisque l'azote interfère avec l'absorption du

calcium (Ca) et du potassium (K), les apports doivent en tenir compte pour éviter une perte de rendement par manque de potassium<sup>5</sup> ou les conséquences du manque de calcium (voir la section sur le calcium) qui s'ajouteraient aux problèmes que peuvent engendrer l'azote directement.

L'azote doit être disponible à l'arbre très tôt pendant la période de croissance, à la floraison et pendant la multiplication cellulaire dans les fruits. En dehors de cette période les excès d'azote peuvent avoir des effets néfastes sur l'environnement (pollution), mais aussi sur l'arbre et les fruits.

Les excès d'azote ont des effets physiologiques néfastes connus depuis très longtemps<sup>6</sup> sur la coloration, la fermeté<sup>5</sup>, la chute prématurée et plusieurs désordres de conservation des fruits (liège, point amer, scald, brunissement vasculaire, sénescence)<sup>7,8</sup>. Les arbres en excès sont aussi plus sensibles au gel hivernal<sup>9</sup>.

L'effet d'un excès d'azote sur l'augmentation du point amer n'est pas nécessairement corrigé par des traitements répétés de calcium<sup>10,11</sup>. L'excès d'azote peut aussi causer des effets dominos : le retard dans l'apparition de la couleur force une date de récolte plus tardive, mais comme la maturation est aussi accélérée par l'excès d'azote, il s'en suit davantage de désordres de conservation et de pourriture en entrepôt<sup>5</sup>.

Les effets négatifs d'un excès d'azote peuvent débiter tout de suite après la floraison. Par exemple, l'azote pendant le mois suivant la floraison peut contribuer à la roussissure sur fruits<sup>12</sup>. Pendant l'été, les effets négatifs de l'azote sont souvent 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<sup>13</sup>, de feu bactérien<sup>14-16</sup> et de pucerons notamment. Les risques de pourriture amère augmentent aussi avec la concentration en azote des fruits<sup>17</sup>. Les arbres en excès produisent aussi moins de composés phénoliques et répondent donc moins bien aux traitements d'éliciteurs (ex. : Apogee) qui visent à augmenter leurs défenses contre les maladies<sup>18</sup>. Finalement, l'azote après la récolte peut aggraver les problèmes de chancre européen<sup>19</sup>.

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 opportun<sup>20</sup>. L'objectif est d'assurer un maximum d'azote dans l'arbre en début de saison et laisser le niveau décliner naturellement<sup>2,3,21,22</sup>. À cause de notre climat, l'azote appliqué au sol au printemps est souvent disponible trop tard et n'est utile que pour l'année suivante quand il n'est pas simplement perdu. L'azote appliqué au sol tardivement entre juin et septembre est toujours une nuisance pendant la saison de croissance. Les applications foliaires après la récolte sont possibles, mais les applications tôt au printemps sont les plus efficaces et correspondent au moment où l'arbre en a besoin<sup>23</sup>. Les applications d'azote sous forme d'urée foliaire sont aussi efficaces que le même apport d'azote au sol<sup>24</sup>. En fait, l'urée foliaire est probablement plus efficace<sup>25</sup>.

#### **Azote au sol**

Les engrais à base d'ammonium devraient être évités parce qu'ils acidifient le sol<sup>9</sup> et nuisent à l'absorption du calcium<sup>7</sup>. Les fruits des parcelles traitées au sol avec du nitrate<sup>9</sup> ou du sulfate<sup>6</sup> 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 en solution de 50 kg/ha d'urée au sol (23 unités d'azote par hectare) remplace le DAP (diammonium phosphate), pour la même quantité d'azote.

La balance de l'apport d'azote au sol devrait être fournie préférentiellement sous forme de nitrate (ex. :

nitrate de calcium), ou une combinaison (ex. : nitrate d'ammonium calcique, 24,5-0-0). 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, améliore la qualité générale des fruits<sup>11</sup>, et augmente la résistance des arbres au gel d'hiver<sup>26</sup>. Le calcium peut cependant être fourni à l'automne par chaulage. N'appliquez que l'azote qui est nécessaire. Une partie des excès d'azote au sol nourrit le gazon et non l'arbre<sup>2,9</sup>, l'apport dirigé vers la zone désherbée autour des arbres est recommandé<sup>2</sup>.

#### Azote foliaire

L'urée foliaire (et probablement toutes les sources d'azote) ne devrait pas être appliqué sur les arbres déjà en excès d'azote. Cependant, l'urée foliaire appliqué tôt en saison (entre le stade débourrement et le stade calice) est utile à l'arbre et aide même à réprimer la tavelure<sup>27,28</sup>. Lorsqu'appliqué au moment de la floraison, l'urée a aussi un léger effet d'éclaircissage<sup>29</sup>. Même si l'arbre absorbe l'urée encore plus efficacement lors des applications plus tardives<sup>24</sup>, le bénéfice n'est pas toujours mesurable<sup>24</sup> et c'est lors des applications tardives que les problèmes commencent. **Les applications foliaires d'azote sous toutes ses formes ne devraient pas être faites plus de 10-14 jours après le stade calice<sup>2</sup>, de sorte que l'azote commence à chuter après la multiplication cellulaire dans les fruits qui se termine environ 28 jours après la pleine fleur<sup>1</sup>.**

Les problèmes de l'azote en été ne sont pas seulement reliés à l'urée tardif. **Même si la quantité d'azote appliquée en été lors des traitements de nitrate de calcium ou de nitrate de zinc est généralement faible, les effets négatifs de l'azote tardif restent mesurables. Suite aux traitements de nitrate de calcium, la quantité d'azote dans la pelure et la chair des fruits augmente<sup>30</sup> et a pour effet une dégradation de la couleur<sup>31</sup> et la qualité des fruits<sup>32</sup>.** La quantité d'azote dans la pelure des fruits est d'ailleurs un excellent paramètre pour prédire le point amer dans la Honeycrisp<sup>10</sup>. Les fertilisants à base de calcium, zinc ou autres appliqués en été n'ont pas besoin de contenir de l'azote. Privilégiez les formulations sans azote (voir la section sur le chlorure de calcium).

Dans les vergers où le chancre européen n'est pas un problème, l'urée foliaire à l'automne (post récolte) nourrit les bourgeons et constitue une réserve pour l'arbre qui est disponible au moment où ils en ont besoin, soit au moment du débourrement pour l'année suivante. Ce traitement inhibe aussi partiellement la tavelure (voir [fiche 101](#)).

**Directives pour les traitements foliaires d'azote :** La stratégie proposée pour optimiser les bénéfices de l'azote consiste à appliquer de l'urée à répétition entre le stade du débourrement avancé<sup>21</sup> et maximum 10-14 jours après la chute des pétales<sup>2</sup> 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. En outre, l'urée est compatible en mélange avec le Solubor, avec le zinc (Zn-EDTA)<sup>21</sup> et avec le chlorure de calcium. Le calcium peut même favoriser l'absorption de l'azote<sup>33</sup>. En principe, l'urée est aussi compatible avec le sel d'Epsom<sup>21</sup>, mais ce mélange cause parfois du dommage au feuillage jeune<sup>2</sup>. Un traitement d'urée au stade calice en mélange avec le Solubor et le chlorure de calcium est une avenue intéressante<sup>34</sup>, mais il est préférable d'appliquer le sel d'Epsom séparément. Aucune forme d'azote ne devrait être appliquée sur les arbres entre le 1<sup>er</sup> juin<sup>33</sup> (environ 10 jours après calice) et la fin de la récolte. Lors des traitements, l'urée prend plusieurs heures après séchage avant d'être entièrement absorbé par l'arbre et le volume de bouillie n'a pas d'effet sur la quantité finale d'azote absorbée par la feuille. Par exemple, jusqu'à 6 kg d'urée dans 150 L/ha d'eau<sup>35</sup>.

## Calcium (Ca)

Le niveau de calcium dans les arbres et dans les fruits est tributaire de la disponibilité du calcium dans le sol et de la charge fruitière. Les apports de calcium devraient être faits en considérant la cause de la carence. Par exemple, les carences (bore, zinc)<sup>2</sup> ou certains excès (azote, magnésium)<sup>36</sup> et un pH de sol trop faible<sup>36</sup> peuvent expliquer le problème. Les arbres peu chargés<sup>37</sup> et donc avec des fruits plus gros<sup>38</sup> sont plus sujets aux désordres comme le point amer (bitter pit).

Plus la croissance est importante, pire sont les problèmes de point amer et ce, peu importe le calcium disponible. La croissance est même utilisée pour prédire le point amer sur Honeycrisp<sup>10</sup>. Favoriser la formation rapide d'un bourgeon terminal (éviter l'azote et la taille, régulateur de croissance, etc.) augmente donc l'absorption du calcium.

Le chaulage, les apports calciques au sol (ex. : nitrate de calcium), les paillis de bois<sup>39</sup> (ex. : bois raméal) contribuent à la fertilisation en calcium, mais ne sont pas toujours efficaces pour augmenter la concentration en calcium des fruits<sup>358</sup> et réprimer le point amer<sup>40</sup>. Les applications foliaires de calcium durant l'été sont souvent essentielles pour prévenir le point amer, mais aussi d'autres désordres physiologiques (ex. : scald<sup>30,41</sup>, cork spot du poirier<sup>42</sup>), notamment sur des cultivars comme Cortland<sup>36</sup>, Spartan<sup>7</sup> et Honeycrisp<sup>40</sup>. Les apports de calcium peuvent contribuer aussi à prévenir les dommages liés au gel hivernal<sup>26</sup>. Pour des pommes au même niveau de maturité, les apports foliaires de calcium peuvent aussi améliorer la grosseur, densité, fermeté, couleur et l'apparence générale des fruits<sup>30,41</sup>.

De plus, le calcium a aussi un effet contre les maladies<sup>44,45</sup>. Les arbres bien fournis en calcium sont moins affectés par le feu bactérien<sup>16</sup>. Le chlorure de calcium (mais pas les autres formes de calcium) réprime en partie la tavelure (feuilles et fruits)<sup>46</sup>, le blanc<sup>47</sup>, la suie-moucheture<sup>48-50</sup>, la pourriture amère<sup>48,51</sup>, la rouille<sup>44</sup> et les pourritures d'entreposage<sup>52</sup>. La seule exception est la pourriture blanche associée à *Botryosphaeria dothidea* qui pourrait être amplifiée par le chlorure de calcium<sup>53</sup> mais cette maladie est à peu près absente au Québec. Par ailleurs, le chlorure de calcium inhiberait cette maladie dans la poire sauf quand la dose est excessive<sup>54</sup>.

Cependant, l'ensemble des bénéfices des traitements foliaires de calcium ne sont pas toujours mesurables. Une faible quantité peut suffire à réprimer le point amer, alors que la fermeté et la résistance aux maladies ne sont mesurables qu'avec des apports plus importants<sup>5</sup>.

Pour assurer un usage optimal et une pénétration suffisante de calcium, des applications répétées sont requises et les traitements doivent généralement commencer avant la mi-juin<sup>55</sup>. Cependant, l'absorption par les jeunes fruits est variable et la date optimale de début des traitements pourrait varier selon le cultivar<sup>56</sup>. Steve Hoying (Cornell) recommandait en fait de débiter les traitements de calcium dès la chute des pétales<sup>57</sup>. Plus de 6 traitements par année peuvent être nécessaire pour en bénéficier<sup>41</sup> (ex. : aux 2 semaines), mais la fréquence optimale peut être encore 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.)<sup>7</sup> La pénétration du calcium peut être bonne lors des applications tardives de calcium, mais les bénéfices pour réprimer le point amer seront moindres<sup>40</sup>.

Lors des traitements foliaires, la vitesse de pénétration du calcium dans les fruits est assez constante entre 15-30 °C<sup>58</sup>, 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 (CaCl<sub>2</sub>)

De toutes les formulations de calcium, le chlorure (CaCl<sub>2</sub>) vendu sous forme de flocons (77 % CaCl<sub>2</sub>, soit 28 % Ca) est la plus efficace, la moins chère et son usage est permis en production biologique<sup>59</sup>. En laboratoire, la vitesse de pénétration du CaCl<sub>2</sub> 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, propionate, nitrate)<sup>38,40,60</sup>. 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 verger<sup>30</sup>; les fruits traités avec le chlorure sont plus fermes qu'avec les autres sources de calcium. Aucune autre source de calcium n'est supérieure au chlorure pour réduire le point amer sur Honeycrisp<sup>10,43,61</sup>. Les formes chélatées de calcium contiennent trop peu de calcium pour être efficaces et ne sont pas recommandées<sup>2</sup>. Les spécialistes de la fertilisation n'hésitent pas à recommander le chlorure, plus que tout autre produit<sup>36</sup>.

Malgré ses qualités, le 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 très jeune et sensible à cause du temps très nuageux<sup>36</sup>, qu'il est déjà fragilisé par des ravageurs (ex. : acariens), ou en fin de saison<sup>30</sup>. Certains cultivars sont aussi plus sensibles (ex. : Empire<sup>36,62</sup>). Néanmoins, il est possible d'utiliser le chlorure de calcium de façon sécuritaire : la clef est d'ajuster la dose de chlorure de calcium à la baisse et/ou s'ajuster aux circonstances. Par exemple, attendre la baisse de la température en soirée avant de traiter. L'ajout d'adjuvants et d'agents mouillants (ex. : LI-700, vinaigre) pour ajuster le pH (pH = 6) et limiter l'accumulation de grosses gouttes sur le bout des feuilles peuvent aider<sup>36</sup>, mais seulement lorsque le chlorure de calcium est appliqué seul. Ces produits ne sont pas nécessaires pour l'absorption du chlorure de calcium, mais bien pour éviter une accumulation locale de la bouillie caustique. Lorsque le chlorure de calcium est utilisé en mélange avec des pesticides commerciaux, les adjuvants additionnels ne sont pas nécessaires et peuvent causer des problèmes.

Pour « clore » le sujet, certains produits à base de calcium indiquent que les formulations à base de chlore sont à proscrire en lien avec les risques décrits précédemment, et d'autres risques non spécifiés. Tant que les précautions sont suivies, le chlorure de calcium est efficace, sécuritaire et avantageux. Aucune justification environnementale ou agronomique fondamentale qui pourrait justifier son abandon n'a été trouvée dans le cadre de cette revue de la littérature scientifique.

**Directives pour les traitements foliaires de chlorure de calcium :** Débuter les applications entre la fin mai et le début 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 bénéfices<sup>40</sup>. La dose usuelle de chlorure de calcium varie selon le moment de l'application et débute à 4 kg/ha<sup>36,57</sup> monte à 7 kg/ha<sup>56</sup>, 9 kg/ha<sup>41</sup> et même plus<sup>40,57</sup> par traitement. Il est toujours préférable d'augmenter le nombre de traitements et diminuer la dose que l'inverse. Un programme entre 30 et 72 kg/ha par saison de la formulation est recommandé (8 à 10 applications)<sup>36,63</sup> pour un total approximatif entre 8 et 20 kg/ha de calcium par année. Sur des petits arbres (TRV faible), les programmes avec moins de 3,25 kg/ha de calcium élémentaire, soit environ 12 kg/ha de formulation pendant la saison, n'ont aucun effet mesurable<sup>61</sup>. 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 ou même moins) sont aussi efficaces que les traitements en dilué<sup>56,64</sup>. Les traitements avec un volume réduit sont souvent moins phytotoxiques qu'en dilué<sup>62</sup>, mais la phytotoxicité peut être aggravée si le pulvérisateur est mal calibré<sup>36</sup>. À raison de 1 \$/kg pour le chlorure de calcium, le coût des traitements (ex. : 10 applications à 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 produits<sup>65</sup>. Traiter APOGEE ou KUDOS au moins deux ou trois jours avant le calcium pour assurer l'efficacité du régulateur de croissance<sup>66</sup>. L'hormone sera moins efficace si elle est appliquée sur des résidus de calcium<sup>65</sup>. Si possible, attendez qu'une pluie lessive un peu le calcium avant d'appliquer l'hormone.

Le chlorure de calcium est incompatible<sup>57</sup> avec le sel d'Epsom<sup>21,36</sup> et génère un précipité de sulfate de calcium<sup>2</sup> (plâtre de Paris) qui peut bloquer les buses. En absence de blocage, ce mélange fonctionne.

Le mélange du chlorure de calcium et du bicarbonate de potassium produit une suspension de carbonate de calcium qui est très peu efficace comme source de calcium<sup>40</sup> et annule l'effet fongicide du bicarbonate<sup>67</sup>.

Selon certaines sources non vérifiables, le chlorure de calcium est incompatible avec le soufre de type « poudre mouillable ». Autrement, le chlorure de calcium peut être ajouté en mélange avec la plupart des pesticides utilisés en été<sup>36</sup>, incluant le soufre<sup>68</sup>. Par exemple, il est possible de mélanger le chlorure de calcium et le Captan, tant qu'un surfactant n'est pas ajouté au mélange<sup>36</sup>. Au stade calice, le mélange de Solubor et de chlorure de calcium améliore la pénétration du bore<sup>69</sup>.

**Après la récolte :** 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 sénescence<sup>7</sup>. C'est une solution de dernier recours<sup>36</sup>.

**Autres formulations de calcium :**

D'autres produits à base de calcium existent, mais ont des lacunes importantes. La plupart contiennent très peu de calcium et sont chers, et/ou contiennent de l'azote. Ils sont aussi responsables de phytotoxicité. **Par exemple, le nitrate de calcium est plus souvent sujet à la phytotoxicité sur poiriers<sup>42</sup> à causer des dommages aux lenticelles des fruits (Idared, Spartan)<sup>63</sup> et un liège sur des cultivars comme la délicateuse<sup>2</sup>. Le nitrate de calcium et les formulations de chélatés de tous les minéraux<sup>70</sup> pourraient même favoriser d'autres maladies à la surface des fruits<sup>71</sup>. Le chlorure de calcium a donc graduellement remplacé le nitrate qui était recommandé avant 1960<sup>7</sup>.** Par ailleurs, le phosphite de calcium (aussi appelé phosphonate), laisse des résidus très persistants dans les arbres pendant des années (voir [fiche 49](#)).

**Bore (B)**

Le bore sous forme d'acide borique ( $H_3BO_3$ , 17,5 % bore) ou de solubor (Etidot-67 EP) (disodium octaborate tetrahydrate,  $Na_2B_8O_{13} \cdot 4 H_2O$ , 20 % bore) est essentiel à la floraison de l'année en cours,

la nouaison<sup>72</sup> et la formation des bourgeons pour l'année suivante. Le bore prévient aussi une partie des dommages de gel durant la fleur<sup>73</sup>, la roussissure sur les jeunes fruits<sup>12</sup> et le cœur liégeux en été. Les carences en bore sont fréquentes en verger<sup>69</sup>, notamment en période de sécheresse<sup>2</sup> et affectent (entre autres) l'absorption du calcium et du potassium<sup>72</sup>. Des applications au sol sont nécessaires puisque les traitements exclusivement foliaires ne peuvent fournir de bore aux racines<sup>2</sup>. Cependant, les applications foliaires sont utiles pour les fruits.

Dans le contexte de la phytoprotection, le bore a un effet reconnu pour inhiber les champignons, dont la tavelure du pommier<sup>74,75</sup>, au point où une application foliaire de bore pourrait remplacer un traitement fongicide<sup>74</sup>. À la dose de 2 kg/ha d'acide borique (350 g/ha B), le bore serait aussi efficace que des traitements de référence autant en protection qu'en post-infection<sup>75</sup>. Le bore foliaire réduit aussi les risques de pourriture amère<sup>17</sup>. Les excès de bore sont rares, mais peuvent augmenter la sensibilité au feu bactérien<sup>16</sup>. Les traitements foliaires sont recommandés avant la floraison, au stade calice et en post-récolte<sup>73</sup>. Cependant, le bore est reconnu phytotoxique durant la floraison<sup>74</sup>.

#### **Directives pour les traitements foliaires de bore**

L'apport annuel de 0,56 kg/ha de bore recommandé<sup>69</sup> est obtenu par l'application annuelle minimale de 2,8 kg/ha de formulation (20 % bore) qui peut être fractionné et appliqué au bouton rose<sup>69</sup> et après la floraison, en mélange avec le chlorure de calcium. En cas de carence, le Solubor est recommandé parfois dès le stade du débourrement avancé<sup>21</sup> et jusqu'à un mois après la chute des pétales<sup>2,72</sup>. Les applications plus tard en saison (juillet et août) ne sont pas recommandées et pourraient provoquer un mûrissement hâtif<sup>2</sup>. Cependant, une application foliaire après récolte sur du feuillage encore fonctionnel est bénéfique pour mieux passer l'hiver<sup>2</sup>. La dose foliaire totale suggérée varie selon l'apport au sol et peut facilement atteindre 9 kg/ha de formulation par année. Le fractionnement en plusieurs doses pourrait permettre de mieux profiter de l'action fongicide (ex. : 5 applications de 0,6 à 1 kg de formulation par hectare) mais cette dose est peut-être insuffisante comme fongicide.

#### **Calendrier de fertilisation foliaire (azote, bore, calcium)**

Les apports de magnésium et de zinc débordent de cette fiche mais sont inclus dans le calendrier, parce que les carences de ces minéraux sont fréquentes dans le Nord-Est de l'Amérique<sup>2</sup>. Les apports de magnésium peuvent être faits au sol (chaux dolomitique), mais pour le zinc, les applications foliaires sont plus fiables et plus rentables que les apports au sol ou par fertigation<sup>72</sup>.

#### **Exemple de calendrier**

##### **Préfloral :**

- Débourrement avancé : Urée (3 kg/ha) + Zinc-EDTA
- Bouton rose : Urée (3 kg/ha) + 0,6 kg/ha de formulation bore (Solubor, 20 %)
- Bouton rose avancé : même recette

##### **Floraison :**

- Urée (3 kg/ha)

##### **Stade calice (chute des pétales) :**



- Trio du calice ABC (Azote, Bore, Calcium) : Urée (3 kg/ha) + Solubor (0,6 kg/ha) + Chlorure de calcium (4 kg/ha)

#### **Nouaison :**

- Urée (3 kg/ha) (dernier) + Sel d'Epsom (magnésium) (45 kg/ha)<sup>2</sup>
- Traitement séparé si du magnésium est appliqué : Solubor (0,6 kg/ha) + Chlorure de calcium (4 kg/ha) (par exemple avec un fongicide)
- Fin de l'azote : Pour un total de 6 applications d'urée.

#### **Mi-juin :**

- Sel d'Epsom (magnésium) + Zinc-EDTA
- Solubor (0,6 kg/ha) + Chlorure de calcium (4 kg/ha) (par exemple avec un fongicide) (Pour un total de 5 applications de bore en fractionnement)

#### **Fin juin :**

- Sel d'Epsom (magnésium) + Zinc-EDTA
- Traitement séparé : Chlorure de calcium (par exemple avec un fongicide)

#### **Été :**

- Chlorure de calcium à intervalle régulier (ex. : chaque deux semaines)

#### **Post récolte (sur les arbres encore verts) :**

- Solubor (0,6 kg/ha) + Urée (jusqu'à 50 kg/ha, en absence de chancre européen)

#### **Références**

1. Wünsche JN, Lakso AN. Apple tree physiology-implications for orchard and tree management. *Compact Fruit Tree* 2000;33:82-8.
2. Stiles WC, Reed WS. Orchard nutrition management. Cornell Univ Coop Ext Info Bul Internet 1991; Disponible sur : <https://dspace.library.cornell.edu/handle/1813/3305>.
3. Hoying S, Fargione M, Iungerman K. Diagnosing apple tree nutritional status: leaf analysis interpretation and deficiency symptoms. *N Y Fruit Q* 2004;12:16-9.
4. Stiles WC. Soil analysis and interpretation. *N Y Fruit Q* 2004;12:28-30.
5. Fallahi E, Conway WS, Hickey KD, Sams CE. The role of calcium and nitrogen in postharvest quality and disease resistance of apples. *HortScience American Society for Horticultural Science*, 1997;32:831-5.
6. Hill H. Foliage analysis as a means of determining orchard fertilizer requirements. Rep XIIIth Int Hort Congr Lond 1952.
7. Bramlage WJ, Drake M, Lord WJ. The influence of mineral nutrition on the quality and storage performance of pome fruits grown in North America. *Acta Hort* 1980;29-40.
8. Sharples RO. The influence of orchard nutrition on the storage quality of apples and pears grown in the United Kingdom. *Acta Hort* 1980;17-28.
9. Raese JT, Drake SR, Curry EA. 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* 2007;30:1585-604.
10. Baugher TA, Marini R, Schupp JR, Watkins CB. Prediction of Bitter Pit in 'Honeycrisp' Apples

and Best Management Implications. HortScience 2017;52:1368-74.

11. Raese JT, Staiff DC, 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 1990;619-23.
12. Lindner L. Die Problematik der Fruchtberostung und des „Weißen Hauches“ 2008. Obstbau Weinbau 2008;45:377-80.
13. Leser C, Treutter D. Effects of nitrogen supply on growth, contents of phenolic compounds and pathogen (scab) resistance of apple trees. Physiol Plant 2005;123:49-56.
14. Jackson HS. Fire blight of pear and apple. [Corvallis, Or.]. Oregon Agricultural College and Experiment Station, 1910. Disponible sur : [https://ir.library.oregonstate.edu/concern/administrative\\_report\\_or\\_publications/rf55z8808](https://ir.library.oregonstate.edu/concern/administrative_report_or_publications/rf55z8808).
15. Parker KG, Fisher EG, Mills WD. Fire blight on pome fruits and its control. New York State College of Agriculture, 1956.
16. Zwet T, Keil HL. Fire blight, a bacterial disease of Rosaceous plants. Agric Handb Sci Educ Adm 1979;
17. Everett KR, Timudo-Torrevilla OE, Scheper RWA, et al. The influence of nutrition, maturity and canopy density on the incidence of apple bitter rot. 2016; Disponible sur : [https://www.researchgate.net/profile/Kerry\\_Everett/publication/306120100\\_The\\_influence\\_of\\_nutrition\\_maturity\\_and\\_canopy\\_density\\_on\\_the\\_incidence\\_of\\_apple\\_bitter\\_rot/links/57b78e4008aedfe0ec939091.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Kerry_Everett/publication/306120100_The_influence_of_nutrition_maturity_and_canopy_density_on_the_incidence_of_apple_bitter_rot/links/57b78e4008aedfe0ec939091.pdf).
18. Bubán T, Földes L, Fekete Z, Rademacher W. Effectiveness of the resistance inducer prohexadione-Ca against fireblight in shoots of apple trees inoculated with *Erwinia amylovora*. EPPO Bull 2004;34:369-76.
19. Dryden GH, Nelson MA, Smith JT, Walter M. Postharvest foliar nitrogen applications increase *Neonectria ditissima* leaf scar infection in apple trees. N Z Plant Prot 2016;69:230-7.
20. Sugar D, Righetti TL, Sanchez EE, Khemira H. Management of Nitrogen and Calcium in Pear Trees for Enhancement of Fruit Resistance to Postharvest Decay. HortTechnology 1992;2:382-7.
21. Cheng L, Robinson T, Autio WR. Nutrient Management of Apple Orchards. In: New england tree fruit management guide Internet 2010:100-8. Disponible sur : <https://ag.umass.edu/sites/ag.umass.edu/files/pdf-doc-ppt/2010-10-nutrient.pdf>.
22. Hansen P. Yield components and fruit development in 'Golden Delicious' apples as affected by the timing of nitrogen supply. Sci Hort 1980;12:243-57.
23. Dong S, Cheng L, Scagel CF, Fuchigami LH. Timing of urea application affects leaf and root N uptake in young Fuji/M. 9 apple trees. J Hort Sci Biotechnol 2005;80:116-120.
24. Fisher EG. The principles underlying foliage applications of urea for nitrogen fertilization of the McIntosh apple. In: Proc Amer Soc Hort Sci 1952.91-98.
25. Wargo JM, Merwin IA, Watkins CB. Fruit size, yield, and market value of « GoldRush » apple are affected by amount, timing and method of nitrogen fertilization. HortTechnology American Society for Horticultural Science, 2003;13:153-61.
26. Raese JT. Calcium nutrition affects cold hardiness, yield, and fruit disorders of apple and pear trees. J Plant Nutr 1996;19:1131-1155.
27. Stoddard EM. Fungicidal synergism between urea and sulfur. Phytopathology Internet 1950;40. Disponible sur : <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19500300712>.
28. Palmiter DH, Hamilton JM. Influence of Certain Nitrogen and Fungicide Applications on Yield and Quality of Apples. 1954;
29. Basak A. The search for safer technologies of apple fruitlets thinning. VII Int Symp Plant Growth Regul Fruit Prod 329 1993;240-242.
30. Raese JT, Drake SR. Effect of calcium spray materials, rate, time of spray application, and rootstocks on fruit quality of 'red' and 'golden delicious' apples. J Plant Nutr 2000;23:1435-47.
31. Sharples RO, Little RC. Experiments on the use of calcium sprays for bitter pit control in

- apples. *J Horticult Sci* 1970;45:49-56.
32. Meheriuk M. Skin color in 'Newtown' apples treated with calcium nitrate, urea, diphenylamine, and a film coating. *HortScience* 1990;25:775-6.
  33. Swietlik D. The Interaction between Calcium Chloride and Ammonium-Nitrogen on Growth, Nitrogen Uptake and Translocation in Apple and Sour Orange. In: V International Symposium on Mineral Nutrition of Fruit Plants 721 2005.159-164.
  34. 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* 1999;34:210-4.
  35. Toselli M, Tagliavini M, Le Bris K, et al. Leaf uptake and tree partitioning of urea-N as affected by concentration and volume of sprayed solution and leaf age of apple trees. *Acta Horticult International Society for Horticultural Science*, 2002.
  36. Watkins C, Schupp J, Rosenberger D. Calcium Nutrition and Control of Calcium-related Disorders. *N Y Fruit Q* 2004;12:15-21.
  37. Telias A, Hoover E, Rosen C, Bedford D, Cook D. The effect of calcium sprays and fruit thinning on bitter pit incidence and calcium content in 'Honeycrisp' apple. *J Plant Nutr* 2006;29:1941-1957.
  38. Yamane T. Foliar Calcium Applications for Controlling Fruit Disorders and Storage Life in Deciduous Fruit Trees. *Jpn Agric Res Q JARQ* 2014;48:29-33.
  39. Yao S, Merwin IA, Bird GW, Abawi GS, Thies JE. Orchard floor management practices that maintain vegetative or biomass groundcover stimulate soil microbial activity and alter soil microbial community composition. *Plant Soil* 2005;271:377-389.
  40. Neilsen G, Neilsen D, Dong S, Toivonen P, Peryea F. Application of CaCl<sub>2</sub> sprays earlier in the season may reduce bitter pit incidence in 'Braeburn' apple. *HortScience* 2005;40:1850-1853.
  41. Kadir SA. Fruit Quality at Harvest of "Jonathan" Apple Treated with Foliarly-Applied Calcium Chloride. *J Plant Nutr* 2005;27:1991-2006.
  42. Richardson DG, Lombard PB. Cork spot of anjou pear: Control by calcium sprays. *Commun Soil Sci Plant Anal Taylor & Francis*, 1979;10:383-9.
  43. Biggs AR, Peck GM. Managing bitter pit in 'honeycrisp' apples grown in the mid-atlantic united states with foliar-applied calcium chloride and some alternatives. *HortTechnology* 2015;25:385-91.
  44. Biggs AR, Hogmire HW, Collins AR. Assessment of an alternative IPM program for the production of apples for processing. *Plant Dis* 2000;84:1140-1146.
  45. Cooley DR, Aluja M, Leskey TC, Vincent C, others. Biorational approaches to disease management in apples. *Biorational Tree Fruit Pest Manag T Leskey M Aluja C Vincent Eds CABI Publ Wallingford UK* 2009;214-252.
  46. Percival GC, Haynes I. The influence of calcium sprays to reduce fungicide inputs against apple scab (*Venturia inaequalis* (Cooke) G. Wint.). *Arboric Urban For* 2009;35:263-270.
  47. 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* 2013;7:54-9.
  48. Biggs AR. Effects of Calcium Salts on Apple Bitter Rot Caused by Two *Colletotrichum* spp. *Plant Dis* 1999;83:1001-5.
  49. Cooley DR, Autio WR, Tuttle A, Krupa J. Alternative fungicides for management of sooty blotch and flyspeck. *Fruit Notes* 2006;71:3.
  50. Gleason ML, Batzer JC, Sun G, et al. A New View of Sooty Blotch and Flyspeck. *Plant Dis* 2011;95:368-83.
  51. Boyd-Wilson KSH, Butler RC, Alspach PA, Everett KR, Pushparajah IPS, Walter M. Compounds alone and in combination with yeasts to control *Colletotrichum acutatum* in apples. *Australas Plant Pathol* 2014;43:703-14.
  52. Trapman M, Jansonius PJ. Disease management in organic apple orchards is more than applying the right product at the correct time. In: *Ecofruit Internet Fördergemeinschaft*

- Ökologischer Obstbau eV (FÖKO), 2008.16-22. Disponible sur : <http://orgprints.org/13633/1/016-022.pdf>.
53. Biggs AR. Effect of inoculum concentration and calcium salts on infection of apple fruit by *Botryosphaeria dothidea*. Plant Dis 2004;88:147-51.
  54. Sun X, Pan B, Wang Y, Xu W, Zhang S. Exogenous Calcium Improved Resistance to *Botryosphaeria dothidea* by Increasing Autophagy Activity and Salicylic Acid Level in Pear. Mol Plant Microbe Interact Am Phytopath Society, 2020;MPMI-04.
  55. Peryea FJ, Neilsen GH, Faubion D. Start-timing for calcium chloride spray programs influences fruit calcium and bitter pit in 'Braeburn' and 'Honeycrisp' apples. J Plant Nutr 2007;30:1213-27.
  56. Wojcik P. Effect of calcium chloride sprays at different water volumes on "Szampion" apple calcium concentration. J Plant Nutr 2001;24:639-650.
  57. Calcium sprays for bitter pit should start at petal fall. Good Fruit Grower. 2013. Disponible sur : <https://www.goodfruit.com/calcium-sprays-for-bitter-pit-should-start-at-petal-fall/>.
  58. Schönherr J. Characterization of aqueous pores in plant cuticles and permeation of ionic solutes. J Exp Bot 2006;57:2471-91.
  59. Organic production systems Permitted substances lists. CAN/CGSB-32.311-2015.
  60. Schönherr J. Foliar nutrition using inorganic salts: laws of cuticular penetration. In: International Symposium on Foliar Nutrition of Perennial Fruit Plants 594 Internet 2001.77-84. Disponible sur : [http://www.actahort.org/books/594/594\\_5.htm](http://www.actahort.org/books/594/594_5.htm).
  61. Rosenberger DA, Schupp JR, Hoying SA, Cheng L, Watkins CB. Controlling bitter pit in « Honeycrisp » apples. HortTechnology 2004;14:342-349.
  62. Rosenberger D. Don't burn the fruit! Scaffolds fruits journal 1999;8.
  63. Apple Best Practice Guide. Defra and AHDB(Agriculture and Horticulture Development Board. Disponible sur : <http://apples.ahdb.org.uk>.
  64. Greene GM, Smith CB. The influence of calcium chloride rate and spray method on the calcium concentration of apple fruits. Acta Hort 1980;316-7.
  65. Greene DW, Autio WR. Apogee®-a new growth retardant for apples. Univ Mass Ext Factsheet F-127R 2002;
  66. Rademacher W, Kober R. Efficient Use of Prohexadione-Ca in Pome Fruits. Eur J Hortic Sci 2003;68:101-7.
  67. 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 2005;153:485-491.
  68. Børve J, Røen D, Stensvand A. Alternative methods to reduce storage decay in organic apple production; time of harvest and calcium applications. 2008.47.
  69. Peryea FJ, Neilsen D, Neilsen G. Boron Maintenance Sprays for Apple: Early-season Applications and Tank-mixing with Calcium Chloride. HortScience 2003;38:542-6.
  70. Baric S, Lindner L, Marschall K, Dalla Via J. Haplotype diversity of *Tilletiopsis* spp. causing white haze in apple orchards in Northern Italy. Plant Pathol 2010;59:535-541.
  71. Marschall K, Rizzolli, W., Reyes-Domingez Y. Leaf fertilizer applications promote white haze and sooty mould in apple. IOBC-WPRS Bull 2015;110:77.
  72. Stiles WC. Micronutrient management in apple orchards. N Y Fruit Q 2004;12:5-8.
  73. Štampar F, Hudina M, Dolenc K, Usenik V. Influence of foliar fertilization on yield quantity and quality of apple (*Malus domestica* Borkh.). In: Anac D, Martin-PrÉvel P, éditeurs. In: Improved crop quality by nutrient management Internet Dordrecht: Springer Netherlands, 1999:91-4. Disponible sur : [http://link.springer.com/10.1007/978-0-585-37449-9\\_21](http://link.springer.com/10.1007/978-0-585-37449-9_21).
  74. Arslan U. Efficacy of Boric Acid, Monopotassium Phosphate and Sodium Metabisulfite on the Control of Apple Scab. J Phytopathol 2016;164:678-85.
  75. Bugiani R, Donati G, Capriotti M, et al. Evaluation of boric acid activity against apple scab (*Venturia inaequalis*) in semi-field and field trials. In: Giornate Fitopatologiche 2020 Internet

Bologna, 2020.27-36. Disponible sur :

[https://www.researchgate.net/publication/344073357\\_EVALUATION\\_OF\\_BORIC\\_ACID\\_ACTIVITY\\_AGAINST\\_APPLE\\_SCAB\\_VENTURIA\\_INAEQUALIS\\_IN\\_SEMI-FIELD\\_AND\\_FIELD\\_TRIALS](https://www.researchgate.net/publication/344073357_EVALUATION_OF_BORIC_ACID_ACTIVITY_AGAINST_APPLE_SCAB_VENTURIA_INAEQUALIS_IN_SEMI-FIELD_AND_FIELD_TRIALS).