

Le bore dans les sols et la nutrition des plantes

Guide pratique de la fertilisation au bore



**U.S. BORAX : LEADER
MONDIAL DE LA SCIENCE
DES BORATES ET DE
LA FERTILISATION**





À propos du bore

Le bore (B) est l'un des sept micronutriments essentiels, indispensables à la fertilisation, ainsi qu'à la production de fruits et de graines. La carence en bore est la plus répandue de toutes les carences en micronutriments, affectant presque toutes les grandes cultures dans le monde.

À propos de U.S. Borax

U.S. Borax, qui fait partie de Rio Tinto, est un leader mondial de la science des borates et de la fertilisation. La société est à l'avant-garde de la recherche sur les micronutriments pour les cultures depuis 1940 et offre des produits de qualité, soutenus par une expertise technique mondiale, une fiabilité d'approvisionnement et un service client complet.

À propos de nos produits

U.S. Borax n'extrait et ne raffine que du bore de qualité supérieure, exempt de contaminants indésirables, afin de fournir la bonne quantité de bore pour chaque culture, sol, climat et méthode d'application :

- *Anhybor*[®] : Selon la qualité, Anhybor peut être utilisé pour produire des engrais composés enrichis en bore ou pour enrober différents produits fertilisants, tels que les mélanges NPK à l'aide d'un liant.
- *Fertibor*[®] : Un borate cristallin fin idéal pour les engrais composés NPK et les suspensions
- *Granubor*[®] : Conçu spécialement pour les mélangeurs en vrac, *Granubor* aide à assurer une distribution uniforme dans les mélanges nutritionnels et sur le terrain
- *Liquibor*[®] : La commodité d'un engrais liquide au bore directement à la ferme, sans mesure ni mélange requis
- *Solubor*[®] : Une poudre concentrée, hautement soluble et à dissolution rapide, idéale pour les pulvérisations foliaires et autres
- *Solubor Flow* : La première et unique suspension aqueuse de microcristaux de borate de sodium
- *Zincubor*[®] : Les carences en zinc et en bore étant très répandues dans le monde, un produit contenant ces deux nutriments est une bonne solution dans de nombreuses régions

Introduction

La nécessité du bore en tant que nutriment végétal dans la production agricole a été démontrée pour la première fois par Katherine Warington en 1923⁸⁴. Depuis lors, de nombreuses recherches ont été menées sur le rôle du B dans la nutrition des plantes.

Le sol joue un rôle majeur dans la détermination de la disponibilité du B pour les plantes, à travers les effets de :

- pH
- Teneur en matière biologique
- Fer, oxydes d'aluminium et minéraux argileux
- Perméabilité
- Rétention d'humidité

La connaissance des types de sols locaux en ce qui concerne ces facteurs est la première étape dans la reconnaissance des besoins en B. En outre, les différentes espèces de plantes présentent un large éventail de besoins en B et peuvent réagir différemment à des niveaux élevés ou faibles de B disponible dans les sols.

Des sols déficients en B disponible ont été signalés dans le monde entier, généralement dans des régions où les précipitations annuelles sont supérieures à 89 cm (35 pouces). De plus, on trouve de faibles concentrations de bore dans les sols qui :

- ont une faible concentration de matière organique
- sont acides et sablonneux
- sont situés dans des zones à forte humidité

Dans ces régions, les réponses les plus cohérentes à la fertilisation au B ont été observées sur des sols à texture grossière et à faible teneur en matière organique, ainsi que sur des sols acides récemment chaulés sur toute la gamme des textures de sol.

La plupart des cultures de fruits et légumes agronomiques et importantes sur le plan économique ont montré des réponses à l'application de B. Historiquement, les cultures les plus sensibles à la fertilisation au B comprennent la luzerne, le trèfle, le coton, les betteraves fourragères, le colza (canola), les betteraves à sucre, le tournesol, la pomme, l'asperge, le chou, le chou-fleur, le céleri, le brocoli, les choux de Bruxelles, le chou frisé, les poires, les radis, les betteraves rouges, les épinards et les navets. Les graminées et les cultures céréalières sont les moins réactives.

Cette publication passe en revue le rôle du B dans la nutrition des plantes et les facteurs affectant la disponibilité du B dans les sols. Vous y trouverez des solutions pratiques pour diagnostiquer une carence en B et appliquer des engrais au B. La connaissance des besoins en B des plantes et du type de sol, associée aux analyses chimiques de routine du sol et des plantes, permet d'évaluer les besoins en B et d'appliquer des engrais au B pour obtenir les meilleurs résultats. Les méthodes et les taux suggérés d'application d'engrais au B sont donnés pour de nombreuses cultures agronomiques, horticoles et ornementales.

Des informations supplémentaires et un calculateur interactif de la valeur d'usage sont disponibles sur notre site Web : <https://agriculture.borax.com/>



Contenu

- 6 LE BORE DANS LA NUTRITION DES PLANTES
 - 6 Fonctions du B dans les tissus végétaux
 - 6 Structure de la paroi cellulaire
 - 6 Fonction des membranes
 - 6 Division cellulaire
 - 6 Régulation des hormones végétales
 - 7 Floraison et fructification
 - 7 Sensibilité de diverses espèces à la carence en bore
- 8 RÉACTIONS DU BORE DANS LE SOL
 - 8 Texture du sol
 - 8 pH du sol et chaulage
 - 8 Matière organique du sol
 - 9 Activité microbienne du sol
 - 9 Travail du sol
 - 9 Conditions de sécheresse
 - 9 Résumé
- 10 MOBILITÉ DU BORE DANS LES TISSUS VÉGÉTAUX
 - 11 Diagnostic des carences en B basé sur la mobilité ou l'immobilité du B dans les plantes
 - 11 Correction des carences en B basée sur la mobilité ou l'immobilité du B dans les plantes
- 12 DIAGNOSTIC DE LA CARENCE EN BORE
 - 12 Symptômes visibles de la carence en B
 - 12 Caractéristiques de base de la carence
 - 15 Interprétation des analyses de sol
 - 15 Interprétation des analyses de plantes
- 20 MÉTHODES D'APPLICATION DU BORE
 - 20 Incorporation en cours de fabrication
 - 21 Mélange en vrac
 - 21 Mélange avec un engrais liquide
 - 21 Applications par pulvérisation foliaire
 - 21 Autres méthodes
- 22 RÉFÉRENCES
- 26 CULTURES - SYMPTÔMES ET TAUX D'APPLICATION
 - 26 Cultures pour boissons
 - 28 Arbres d'ombrage pour thés
 - 28 Céréales et canne à sucre
 - 29 Cultures pharmaceutiques, fumigènes et masticatoires
 - 31 Cultures de fibres
 - 32 Fleurs et plantes ornementales
 - 34 Cultures fourragères
 - 37 Cultures de fruits et de noix
 - 41 Cultures oléagineuses
 - 44 Cultures de racines et tubercules
 - 46 Arbres et cultures de couverture
 - 48 Cultures maraîchères
- 53 FAQ QUESTIONS SUR LE BORE ET LES MICRONUTRIMENTS
- 56 INDEX DES CULTURES
- 59 NOMS BOTANIQUES



Le bore dans la nutrition des plantes

Fonctions du B dans les tissus végétaux

Le bore (B) est nécessaire à la croissance de toutes les plantes. Une nutrition adéquate en B est essentielle pour obtenir des rendements élevés et une bonne qualité des cultures. Les carences en bore entraînent de nombreux changements anatomiques, biochimiques et physiologiques chez les plantes.

Les recherches existantes et en cours indiquent que le bore joue un rôle important dans les éléments suivants :

Structure de la paroi cellulaire

Le bore participe, avec le calcium (Ca), à la structure des parois cellulaires. Le B est également impliqué dans le mouvement du Ca dans la plante et dans la nutrition normale du Ca chez les plantes et les animaux. Il existe une similitude entre le développement des os chez les animaux et celui des parois cellulaires chez les plantes. Par exemple, un « cœur creux » dans les arachides peut se produire lorsqu'une pénurie de B limite le mouvement de Ca, le développement normal de la paroi cellulaire et la division cellulaire.

Fonction des membranes

Le bore joue un rôle fondamental dans l'intégrité de la membrane plasmique. Les plantes ayant une nutrition adéquate en bore ont un bon contrôle de la membrane plasmique, tandis qu'une carence en B réduit la perméabilité de la membrane plasmique et le flux d'eau dans les plantes.

Division cellulaire

Le bore est essentiel dans les régions de croissance active des plantes, comme les extrémités des racines et dans le développement des nouvelles feuilles et des bourgeons. Cela concerne les tissus méristématiques (en croissance) des plantes ou les cellules qui se multiplient rapidement, permettant ainsi la croissance des plantes.

Un manque de B est le plus souvent constaté par un changement de structure des plantes dans ces régions en croissance active.

Le bore assure la santé des tissus de stockage et de conduction des plantes, nécessaires au transport de l'eau, des nutriments et des composés organiques vers les parties en croissance active des plantes. La croissance en rosette ou le rabougrissement des plantes, symptôme courant de la carence en B, est dû à une diminution du nombre de cellules dans les régions apicales (supérieures) de la luzerne, du trèfle et d'autres légumineuses, par exemple.

Régulation des hormones végétales

Les hormones végétales, comme les hormones animales, régulent de nombreuses fonctions de croissance et de reproduction. L'initiation florale, le développement des fruits, la formation des parois et des tissus cellulaires et l'élongation des racines sont tous influencés par les hormones. Le bore joue un rôle important dans la régulation des niveaux d'hormones dans les plantes.

Floraison et fructification

Les besoins en B sont beaucoup plus élevés pour la croissance reproductive que pour la croissance végétative chez la plupart des espèces végétales. Le bore augmente la production et la rétention des fleurs, l'élongation et la germination des tubes polliniques, ainsi que le développement des graines et des fruits. Une carence en B peut entraîner une pollinisation incomplète du maïs ou empêcher la formation maximale de gousses dans le soja, par exemple.

Le bore a un effet significatif sur la germination du pollen et la croissance du tube pollinique. La viabilité des grains de pollen diminue également lorsque le B est insuffisant. Les rendements de certaines espèces qui ne présentent pas de symptômes visibles de carence en B peuvent être augmentés par une application foliaire de B. La production de fruits, de noix et de semences est beaucoup plus touchée que la croissance végétative lorsque la teneur en B disponible dans le sol est faible. La carence en bore augmente la chute des bourgeons et des fleurs, ce qui entraîne une réduction

importante de la nouaison et de la grenaison et également de la qualité des fruits, des noix et des graines en développement.

Sensibilité de diverses espèces à la carence en bore

Les céréales et les graminées sont moins sensibles que les légumineuses et certaines cultures maraîchères aux faibles niveaux de B disponible. Les différences de besoins en B entre les espèces peuvent être liées à des différences dans la composition des parois cellulaires. La concentration critique de B est trois à quatre fois plus élevée pour les jeunes feuilles que pour les feuilles plus âgées chez les dicotylédones tels que la luzerne et le soja, ce qui indique l'immobilité du B dans ces espèces.

La sensibilité des espèces végétales à la carence en B varie considérablement. La connaissance de ces différences peut être utilisée pour diagnostiquer d'éventuelles carences en B dans diverses cultures. Le tableau suivant classe un certain nombre d'espèces cultivées comme étant sensibles, modérément sensibles ou tolérantes.

Sensibilité relative de diverses cultures à la carence en bore

Sensibles		Modérément sensibles		Tolérantes
Luzerne	Betterave fourragère	Banane	Lin	Orge
Pomme	Palmier à huile	Choux de Bruxelles	Houblon	Haricots
Brocoli	Colza oléagineux	Chou	Papaye	Graminées
Canola	Olive	Chou chinois	Poire	Avoine
Œillet	Arachides	Agrumes	Coquelicot	Pois
Carotte	Pins	Trèfles	Pomme de terre	Ananas
Chou-fleur	Betterave rouge	Cacao	Thé	Riz
Céleri	Rutabaga	Noix de coco	Tabac	Hévéa
Chrysanthème	Betterave sucrière	Maïs	Tomate	Seigle
Café	Tournesol			Soja
Coton	Chou-navet			Fraise
Eucalyptus	Navet			Canne à sucre
Raisin				Blé



**LE BORE AUGMENTE
LA PRODUCTION ET
LA CONSERVATION
DES FLEURS**



Réactions du bore dans le sol

Les carences en bore des cultures se rencontrent principalement dans les sols à faible teneur en matière organique et dans les sols acides et sablonneux des régions humides. Les raisons de cette situation générale sont principalement liées aux réactions chimiques des formes les plus courantes de B dans le sol - H_3BO_3 ou $B(OH)_3$ - avec divers composants du sol. L'ion borate est très mobile ; sa mobilité est considérée comme la deuxième en importance après celle de l'ion nitrate dans les sols.

Les réactions dans les sols qui peuvent affecter la disponibilité du bore pour les plantes varient considérablement. Les principaux facteurs du sol qui affectent la disponibilité du B sont les suivants :

Texture du sol

Les sols sableux bien drainés des régions à forte pluviosité ou irriguées sont les plus susceptibles d'être déficients en B en raison de leur plus grand potentiel de lixiviation. Ces sols peuvent nécessiter une fertilisation B plus fréquente. Cependant, si les sous-sols sont à texture fine (teneur en argile plus élevée) sous des horizons de surface sablonneux, des applications de B moins fréquentes peuvent être nécessaires. Le B total est généralement plus élevé dans les sols argileux, mais la disponibilité pour les plantes peut être faible dans ces sols en raison de la force avec laquelle le B est retenu sur les surfaces argileuses.

pH du sol et chaulage

La disponibilité du bore pour les plantes diminue généralement avec l'augmentation du pH du sol, surtout au-dessus de 6,5. Cependant, les sols fortement acides (pH du sol inférieur à 5,0) ont également tendance à être pauvres en B disponible en raison de la sorption du B sur les surfaces d'oxyde de fer et d'aluminium des minéraux du sol.

Certaines cultures ayant une forte demande en B - comme la luzerne - ont également besoin d'un pH du sol supérieur à 6,5 pour une croissance optimale. Dans cette situation, le chaulage peut être nécessaire. Cependant, un chaulage excessif des sols acides entraîne souvent des carences temporaires en B, surtout si le pH du sol est supérieur à 7,0.

Matière organique du sol

La majeure partie du B disponible dans les sols se trouve dans la matière organique. La matière organique se complexifie avec le B pour l'éliminer de la solution du sol lorsque les niveaux sont élevés après une fertilisation au B. La matière organique du sol doit être décomposée pour libérer le B complexe, de sorte que des conditions comme un temps frais et humide ou un temps chaud et sec - qui diminuent le taux de décomposition de la matière organique - réduisent le B disponible dans les sols.

Au fur et à mesure que la matière organique du sol se décompose, la solution du sol est réapprovisionnée en B. Cela permet de maintenir des niveaux de B adéquats lorsque la solution de B est éliminée par l'absorption ou la lixiviation des cultures. Les sols à faible teneur en matières organiques ont une capacité d'approvisionnement en B réduite et nécessitent généralement une fertilisation en B plus fréquente à des taux d'application plus faibles.

Activité microbienne du sol

Les micro-organismes décomposent la matière organique du sol, de sorte que le B disponible pour les plantes est rejeté par les complexes organiques. Les conditions qui favorisent une meilleure activité microbienne sont les sols chauds, humides et bien aérés. Les conditions du sol qui empêchent une activité microbienne optimale sont les conditions de sécheresse, les sols froids et humides, et la mauvaise qualité du sol (mauvaise aération).

Travail des sols

Le bore est généralement plus disponible pour les racines des plantes lorsque le sol est travaillé en surface. Le travail des sols permet de le mélanger et améliore l'aération et le drainage. Ces conditions sont optimales pour la décomposition de la matière organique, qui libère le B disponible. Lorsque les systèmes de production agricole passent à un travail réduit du sol ou à une gestion sans travail du sol, la matière organique s'accumule à la surface ou près de la surface du sol et peut ne pas se décomposer rapidement. La disponibilité du bore devient alors plus dépendante des conditions d'humidité de surface, et la gestion des engrais peut devenir plus cruciale.

Conditions de sécheresse

Pendant les périodes de sécheresse, la couche supérieure du sol s'assèche et les racines des plantes ne peuvent pas se nourrir dans la couche supérieure du sol, où se trouve la majeure partie du B disponible. Le temps sec limite également la disponibilité du B en restreignant le flux d'eau, qui transporte le B disponible en solution vers les racines des plantes.

Certains sous-sols peuvent contenir du B disponible qui a pu être lixivié de l'horizon pédologique superficiel, en particulier après une utilisation à long terme d'engrais au B. En cas de sécheresse, les racines des plantes peuvent s'enfoncer plus profondément dans le sous-sol et obtenir ainsi suffisamment de B disponible pour poursuivre leur croissance et leur développement.

Résumé

Les carences en bore se rencontrent principalement dans les sols à faible teneur en matière organique, ainsi que dans les sols acides et sablonneux - en particulier dans les régions humides où la lixiviation peut se produire. Une bonne compréhension des réactions du B dans le sol aidera à prédire où les carences en B sont le plus susceptibles de se produire.

Les résultats des analyses de sol pour le B disponible donneront le statut de la teneur en B des sols dans un champ particulier. Appliquer les doses recommandées si les niveaux de B disponible sont faibles ou marginaux, en particulier pour les cultures ayant des besoins élevés en B, comme la luzerne.





Mobilité du bore dans les tissus végétaux

Le bore est nécessaire à la nouvelle croissance végétative et au développement reproductif des plantes. Par conséquent, le B doit rester disponible pour l'absorption par la plante pendant toute la période de croissance, à moins qu'il ne puisse être transféré dans la plante des tissus anciens aux nouveaux tissus. L'absorption de B par les plantes est un processus passif (non métabolique) et le B est transporté dans les vaisseaux du xylème (flux de transpiration) de toutes les espèces végétales. Par conséquent, le B est mobile dans le système du xylème de toutes les plantes.

Il a été généralement admis que le B est un nutriment immobile dans les tissus du phloème des plantes. Une fois incorporé dans un tissu donné, comme les feuilles, le B ne peut pas être remobilisé pour répondre aux besoins d'autres tissus végétaux. Cependant, les résultats des recherches menées par le Dr PH Brown et ses associés de l'Université de Californie, Davis, ont démontré que la mobilité du B dans le phloème varie de manière significative entre les espèces végétales⁹.

Ces résultats montrent que le B est mobile dans toutes les espèces végétales qui utilisent des sucres simples (appelés polyols) comme composés primaires dans les processus photosynthétiques. Le bore forme un complexe avec ces polyols et est transporté dans les tissus du phloème vers les régions de croissance active de la plante.

Cependant, chez les espèces végétales qui ne produisent pas de quantités importantes de polyols, le B ne peut pas

réintégrer le flux du phloème après avoir été livré aux tissus foliaires dans le flux de transpiration (tissu du xylème). Ce B a tendance à s'accumuler dans les feuilles. Le bore est immobile chez ces espèces.

On peut également trouver des preuves de la mobilité ou de l'immobilité du phloème en étudiant la distribution du B dans les différents tissus d'une espèce donnée. Par exemple, dans des conditions de terrain, la pistache et la noix contiennent les plus fortes concentrations de B dans leurs feuilles et les plus faibles concentrations de B dans les fruits et les graines. Cela indique que le B de ces feuilles ne se déplace pas vers les fruits et les graines de ces espèces. En revanche, les amandiers et les pommiers présentent les plus fortes concentrations de B dans leurs coques et leurs fruits, respectivement, et des concentrations de B beaucoup plus faibles dans leurs feuilles.

Les concentrations de B dans les feuilles de différents âges sur la même plante fournissent également des preuves de la mobilité du B. Des concentrations de B plus élevées dans les feuilles basales (plus anciennes) par rapport aux feuilles apicales (plus jeunes) indiquent l'immobilité du B. En revanche, des concentrations de B plus élevées dans les feuilles plus jeunes indiquent la mobilité du B, puisque les feuilles plus jeunes ont transpiré moins d'eau que les feuilles plus âgées.

Le tableau 1 résume les connaissances actuelles sur le regroupement des cultures agronomiques, maraîchères et horticoles comme des cultures où le B est mobile ou immobile.

La plupart des cultures agronomiques et certains légumes sont des espèces où le B est immobile. Cependant, un nombre relativement plus élevé d'espèces de fruits et de noix sont des espèces où le B est mobile. Il est clair qu'il est nécessaire d'étudier la mobilité du B de toutes les espèces végétales importantes sur le plan économique. Ces connaissances permettront aux producteurs de mieux diagnostiquer les carences en B et d'utiliser la méthode la plus efficace pour appliquer les engrais au B afin d'optimiser le rendement des cultures.

Diagnostic des carences en B basé sur la mobilité ou l'immobilité du B dans les plantes

La connaissance de la mobilité ou de l'immobilité du B dans les différentes espèces de plantes est importante pour interpréter les résultats d'analyse des plantes. Le bore s'accumule dans les feuilles plus anciennes des espèces où le bore est immobile. Par conséquent, ne prélevez pas d'échantillons de feuilles récemment matures ou entièrement développées pour diagnostiquer une carence chez ces espèces. La raison en est que ces feuilles peuvent ne pas refléter le statut du B des tissus en croissance, pour lesquels un apport constant de B est essentiel. Le diagnostic de la carence en B chez les espèces où le B est immobile ne peut se faire que par l'échantillonnage des tissus en croissance.

En revanche, l'échantillonnage des feuilles matures des espèces où le B est mobile pour diagnostiquer une carence en B est approprié. Le contenu en B des feuilles matures reflète le statut en B de la plante entière, y compris les jeunes tissus en croissance active. Chez ces espèces, une diminution de l'absorption de B n'affectera pas les tissus en croissance jusqu'à ce que le pool de B soluble des tissus matures ait été épuisé par translocation vers les tissus plus jeunes.

Correction des carences en B basée sur la mobilité ou l'immobilité du B dans les plantes

Chez les espèces où le bore est immobile, le B appliqué par voie foliaire ne sera pas transféré depuis le site d'application. Ce B ne peut pas répondre aux besoins des tissus non encore formés.

Par conséquent, le B doit être appliqué directement sur les tissus en développement, tels que les boutons de fleurs et les fleurs, pour assurer un approvisionnement adéquat pendant leur développement.

En revanche, les pulvérisations foliaires de *Solubor* peuvent être appliquées aux plantes où le B est mobile à tout moment où des feuilles fonctionnelles sont présentes.

Le B appliqué peut corriger les déficiences actuelles et également fournir du B aux tissus des fleurs et des fruits en développement.

Les avantages des applications foliaires de B sur la nouaison ont été observés chez des espèces d'arbres où le B est mobile comme l'amandier.

Tableau 1 :

Mobilité ou immobilité du bore dans certaines cultures agronomiques et horticoles

B – immobile	B – mobile
Cultures agronomiques	Cultures agronomiques
<ul style="list-style-type: none"> Luzerne Maïs Coton Arachides Sorgho Tabac Blé 	<ul style="list-style-type: none"> Canola (limité)
Légumes	Légumes
<ul style="list-style-type: none"> Haricot Laitue Pomme de terre Tomate 	<ul style="list-style-type: none"> Asperge Haricots Brocoli Carotte Chou-fleur Céleri Oignon Pois Radis Rutabaga
Cultures d'arbres et cultures sur vigne	Cultures d'arbres et cultures sur vigne
<ul style="list-style-type: none"> Figues Noix de pécan Pistache Fraise Noix de Grenoble 	<ul style="list-style-type: none"> Amande Pomme Abricot Cerise Café Raisin Néflier du Japon Nectarine Olive Pêche Poire Prune Grenade



Diagnostic de la carence en bore

Symptômes visibles de la carence en B

Les symptômes visibles de la carence en B deviennent clairement visibles lorsque la carence est aiguë. À ce stade, la croissance et le rendement peuvent être considérablement limités. Pour les cultures non répertoriées, les symptômes généraux de carence en B sont les suivants :

Caractéristiques de base de la carence

- Les feuilles les plus jeunes sont les premières touchées. Elles sont difformes, épaisses, cassantes et petites, mais présentent rarement une chlorose - en fait, elles sont souvent d'un vert très foncé.
- Les tiges sont courtes, les plantes gravement touchées sont susceptibles d'avoir une apparence « rétrécie »
- La plante ressemble à un buisson
- Des méristèmes axillaires se développent et présentent également des symptômes. La plante ressemble à un buisson
- Des taches nécrotiques et aqueuses se développent dans les tissus de stockage.
- Des fissures et des fentes apparaissent dans les pétioles, les tiges et parfois les fruits.
- La formation du fruit est irrégulière en raison d'une fertilisation incomplète. Le fruit est probablement malformé
- Les feuilles ont tendance à avoir une forme plus simple. La croissance des racines est altérée

Confirmez toujours les diagnostics établis à partir des symptômes visibles avec les résultats des analyses du sol et des tissus végétaux.



Des épis courts et courbés, un mauvais développement des grains et des épis stériles sont des signes de carence en bore dans le maïs.

Symptômes visibles de carence en B dans les cultures

Grandes cultures	Symptômes visibles
Luzerne	Mort de l'apex végétatif, croissance en rosette, sommet jaune, faible floraison et mauvaise formation des gousses.
Canola	Feuilles déformées. Capitules de semence vides ou partiellement remplis.
Trèfle	Stabilité, croissance et couleur médiocres. Réduction de la floraison et de la grenaison. Feuilles en forme de coupe, ratatinées et fragiles
Maïs (de grande culture et sucré)	Épis courts et courbés, épis stériles, tiges vides, mauvais développement des grains, bandes allongées, aqueuses ou transparentes devenant ensuite blanches sur les feuilles nouvellement formées, points de végétation morts.
Coton	Chute prématurée des boutons, des jeunes capsules, ruptures à la base des boutons, exsudation d'un liquide foncé à la suite de ruptures, décoloration interne à la base des capsules, semi-ouverture des capsules, feuilles vertes jusqu'aux gelées.
Haricots secs	Chlorose interveinale des feuilles. Aspect buissonnant.
Arachide	Zone sombre et creuse au centre de la noix, appelée « cœur creux ».
Pommes de terre	Les plantes ont un aspect de buisson. Les feuilles s'épaississent et leurs bords se recourbent vers le haut.
Sorgho	Les feuilles sont étroites et ont un aspect gris avec des bandes aqueuses et transparentes. Les capitules de semence ne sont pas remplis.
Soja	Feuilles jaunes, chlorotiques entre les nervures, enroulement vers le bas des extrémités des feuilles, froissement des feuilles, dépérissement des extrémités, pas de floraison, racines rabougries.
Betterave sucrière	Jaunissement ou dessèchement des feuilles, fissuration de la nervure médiane des feuilles, décoloration brune des tissus internes, pourriture du houppier.
Tournesol	Les feuilles semblent flétries. Chute anormale des capitules due à la faiblesse des pédoncules.
Tabac	Cloquage des feuilles et bourgeons déformés.
Blé	Capitules déformées et chlorose des feuilles.
Cultures de fruits et de noix	
Amande	Les fleurs tombent et les noix avortent ou sont gélatineuses.
Pomme	Piqûres, décoloration de la peau, crevasses et formation de liège.
Abricot	Les rameaux dépérissent et les fruits ne se forment pas.
Agrumes	Anneau épaissi, poches de gélatine près de l'axe, taches décolorées.
Raisin	Symptôme de « grains millerandés », pousses principales mortes.
Poire	Pyriculariose, piqûres, formation de liège interne et chancres de l'écorce.
Pistache	La nouaison diminue, les fruits blancs et les noix non fendues augmentent.
Fraise	Peau chlorotique pâle des fruits, fissures et dépérissement.
Noix de Grenoble	Dépérissement de l'extrémité des pousses, chute des feuilles.

Symptômes visibles de carence en B dans les cultures (suite)

Cultures maraîchères	Symptômes visibles
Betterave (rouge)	Taches externes, crevasses et chancre.
Brocoli	Tiges creuses, décoloration interne, inflorescences brunes.
Chou	Tige creuse, zones aqueuses, capitules creux, plantes rabougries.
Carotte	Rougisement des feuilles et fendillement des racines.
Chou-fleur	Feuilles enroulées, tige creuse, inflorescences naines, brunes.
Céleri	Tige fissurée et rayée de brun, cœur noirci.
Laitue	Croissance ralentie, décoloration des feuilles, fragilité.
Radis	Racines pâles, tiges cassantes, chair aqueuse et coloration mouchetée.
Rutabaga	Les racines sont dures, fibreuses et amères. Lorsqu'on les coupe, elles présentent des zones molles et aqueuses, souvent appelées « cœur brun ».
Maïs sucré	Épis courts et courbés, épis stériles, tiges vides, mauvais développement des grains, bandes allongées, aqueuses ou transparentes devenant ensuite blanches sur les feuilles nouvellement formées, points de végétation morts.
Tomate	Feuilles épaissies, feuilles cassantes, absence de nouaison.
Navet	Centre creux ou cœur brun, zones aqueuses.

Les résultats de l'analyse du sol en bore peuvent montrer :

- Où le B disponible est déficient
- Les endroits où une fertilisation d'entretien en B est nécessaire
- Si le B disponible est suffisant

L'extraction à l'eau chaude a été l'analyse de sol standard pour le B disponible dans les sols. Cependant, communiquent maintenant les résultats des analyses de la teneur en B dans les sols en utilisant les méthodes d'extraction Mehlich-1 ou Mehlich-3, qui sont en bonne corrélation avec les résultats de la méthode d'extraction à l'eau chaude dans les sols acides.⁷⁷ Dans les sols alcalins, le B des extraits d'analyse du sol qui contiennent du sorbitol ou du mannitol est en bonne corrélation avec le B soluble dans l'eau chaude⁸³.

L'analyse des tissus végétaux constitue un excellent moyen de vérifier la disponibilité réelle du B dans les cultures provenant du sol et de l'engrais au B appliqué. Vous pouvez utiliser les analyses de tissus comme un guide supplémentaire avec le niveau de l'analyse de la teneur en B du sol pour ajuster les pratiques de fertilisation au B.

Les analyses de B des plantes peuvent être utilisées pour :

- Confirmer une carence en B chez les plantes présentant des symptômes visibles
- Contrôler les concentrations de B dans les tissus pour s'assurer que le B se situe dans la fourchette optimale pour un rendement et une qualité des cultures élevés
- Compléter les informations fournies par les analyses du sol pour ajuster le taux, le moment et l'emplacement de la fertilisation au B afin de répondre aux besoins de la situation spécifique de la culture.

- Par exemple, des échantillons de tissus prélevés au début de la saison de croissance peuvent signaler la nécessité d'un épandage en surface, d'un épandage latéral ou d'une pulvérisation foliaire de B avec de l'azote ou d'autres engrais appliqués plus tard dans la saison de croissance, de préférence avant la floraison et la mise à fruit.

Pour obtenir une gestion optimale de la fertilisation en B, suivez les directives suivantes :

- Utilisez des analyses de sol pour déterminer la quantité de B disponible.
- Contrôlez le pH du sol dans la fourchette optimale pour les sols et les cultures de votre région.
- Utilisez la fertilisation d'entretien en B lorsque les niveaux d'analyse du sol pour le B se situent dans la fourchette de réponse pour vos sols et vos cultures.
- Observez la culture rapidement et souvent
- Analysez des échantillons de plantes pour déceler la présence de B en début de saison.
- Utilisez un placement, un taux et un moment appropriés pour l'engrais au B.
- Lorsqu'il existe un besoin important de B, envisagez l'application en bandes au moment de la plantation, les applications en bandes latérales, les pulvérisations foliaires ou la fertirrigation

Interprétation des analyses de sol

L'interprétation des valeurs d'analyse du sol varie en fonction de la culture et du type de sol. Par exemple, les valeurs critiques des analyses du sol pour les cultures varient de 0,05 ppm pour les arachides cultivées sur des sols acides à texture grossière¹⁸ à 1,8 ppm pour le rutabaga cultivé sur des sols à texture similaire³⁶.

Les niveaux critiques de l'analyse du sol pour déceler la teneur en B varient également selon le type de sol. Par exemple, la luzerne avait besoin de 0,3 ppm de B sur des sols sablonneux⁸¹ et de 0,9 ppm de B sur des sols à texture plus fine³. Le soja a réagi à la fertilisation au B sur un loam sablo-argileux de Cecil⁸⁹ et un loam sablonneux de Sassafras à un niveau d'analyse du sol de 0,2 ppm²⁴, mais il a également réagi au B à des niveaux d'analyse du sol de 0,8 ppm et de 1,3 ppm de B sur des sols de loam limono-argileux de Kokomo et de Muscatine, respectivement⁶. Le maïs a réagi au B lorsque le test de sol pour déceler la teneur en B était de 0,02 ppm sur un sable limoneux de Dothan⁹⁰, et lorsque le test de sol pour déceler la teneur en B était de 0,2 ppm sur un loam sablonneux de Sassafras²⁴. Le niveau critique de l'analyse du sol pour déceler la teneur en B pour le coton était de 0,19 ppm de B sur des sols sablonneux⁷⁶, mais une réponse au B a été signalée sur un sol limono-argileux de Collins⁴¹ avec une analyse du sol pour déceler la teneur en B de 0,35 ppm. (Communication personnelle, DD Howard, Univ Tenn)

Une enquête auprès de 50 laboratoires d'analyse des sols agricoles aux États-Unis⁵⁷ a révélé que les points de rupture de l'analyse de la teneur en B des sols utilisés pour déterminer les faibles niveaux de B soluble dans l'eau chaude variaient de 0,05 à 1,1 ppm, selon le type de sol et la culture utilisés pour l'étalonnage. La moyenne de ces valeurs par 25 de ces laboratoires était de 0,49 ppm de B. À quelques exceptions près, comme les sols riches en argile et/ou en matières organiques, les sols dont le B soluble dans l'eau chaude dépasse 1,0 ppm fournissent suffisamment de B pour la plupart des cultures.

Sur la base des données d'analyse du sol, de la texture du sol et des besoins des cultures, on peut délimiter des fourchettes d'analyse du sol pour déceler la teneur en B en fonction des besoins des cultures (voir le tableau 2).

Le bore doit normalement être appliqué selon l'expérience locale et les recommandations publiées pour les différentes cultures.

Utilisez les analyses de sol pour le bore pour surveiller les niveaux de fertilité du sol en B. Votre objectif doit être le suivant :

- Ajouter du B là où cela est recommandé
- Maintenez les sols dans la fourchette souhaitée au-dessus de la carence pour les différentes cultures.
- Évitez le B lorsque les résultats des analyses de sol révèlent des niveaux élevés (des niveaux supérieurs à 5 ppm sont probablement toxiques pour la plupart des cultures⁶⁷).

Prélevez des échantillons de sol au moins une fois au cours de chaque séquence de rotation des cultures. Une surveillance plus intensive du niveau de B du sol est nécessaire lorsque des taux élevés d'engrais sont appliqués, en particulier sur les sols à faible capacité d'échange cationique (CEC) sujets à la lixiviation. Dans des conditions de gestion intensive, il est conseillé de prélever des échantillons chaque année afin de détecter les changements de pH⁸⁶ du sol et d'autres niveaux de nutriments qui peuvent influencer la nutrition en B. Par exemple, un pH élevé sur des sols fraîchement chaulés, ou des niveaux très élevés de K disponible peuvent accentuer le besoin en B^{47,48}.

Les applications recommandées de B vont de 0,1 à 4,0 lb/acre et sont basées sur la culture spécifique, la texture du sol, la méthode d'application et les objectifs de rendement, ainsi que sur les valeurs d'analyse du sol pour déceler la teneur en B.

Interprétation des analyses de plantes

L'absorption du bore par les plantes est fortement affectée par les conditions du sol et d'autres facteurs environnementaux, en particulier le pH et la CEC du sol. Le facteur dominant qui affecte la relation entre l'analyse de la teneur en B dans le sol et le B des plantes est la CEC¹⁵, qui est directement liée à la quantité d'argile et de matière organique dans le sol. Le B du sol est plus disponible pour les plantes sur les sols à faible CEC (sols sableux à texture grossière) et moins disponible sur les sols à CEC élevée (sols argileux à texture fine), même si les sols argileux (contenant >25 % d'argile) contiennent normalement relativement plus de B disponible que les sols à texture plus grossière dans une région donnée⁸⁶. Étant donné qu'une grande partie du B est inactivée dans les sols à texture fine, des taux plus élevés d'engrais au B sont nécessaires pour obtenir la même disponibilité du B que dans les sols à texture grossière. Dans un sol donné, l'analyse de la teneur en B du sol est positivement liée au B⁷⁸ dans les tissus végétaux.

Tableau 2

Les cultures ont été classées comme suit en fonction de leurs besoins en B :

Texture du sol	Gamme d'analyses de la teneur en B dans les sols	Besoin en engrais au B
Sable et sable limoneux	< 0.2 ppm	Toutes les cultures
Loam sablonneux, loam, loam limoneux et limon	0.2 – 0.5 ppm	Cultures à besoins moyens et élevés en B
Argile	0.5 – 1.0 ppm	Cultures à besoins moyens et élevés en B
Argile	1.0 – 2.0 ppm	Cultures à besoins élevés en B
Tous les sols	> 2.0 ppm	Aucun

Taux d'application de B recommandés

Culture	Méthode	Taux de B appliqué (lb/ac)	Taux de B appliqué (lb/ac)
Luzerne	Épandage	1.0 – 4.0	30 – 50
Canola	Épandage à la volée	1.0 – 2.0	25 – 50
Herbe de trèfle	Épandage	1.0 – 1.5	20 – 45
Maïs	Épandage en bandes latérales	1.0 – 2.0	10 – 25
Coton	Application foliaire	0.3 – 0.6	30 – 80
Hybride de chiendent	Épandage	0.5 – 1.0	5 – 15
Cultures de noix	Épandage à la volée	0.5 – 3.0	30 – 50*
Arachides	Application foliaire	0.25 – 0.5	25 – 60
Petits fruits	Application foliaire	0.1 – 0.5	20 – 35*
Petites céréales	Épandage à la volée	< 0.2	3 – 20
Soja	Épandage à la volée	0.25 – 0.5	25 – 60
Betteraves à sucre	Application foliaire	1.0 – 3.0	30 – 50
Tabac	Épandage à la volée	0.5 – 1.0	20 – 100
Fruits de verger	Épandage à la volée	0.1 – 1.5	30 – 60*
		0.5 – 3.0	
Légumes	Épandage à la volée	0.5 – 3.0	25 – 60*

*Les fourchettes varient selon les cultures.

Concentration de B dans la plante où les premiers symptômes de carence en B apparaissent (niveau critique).

Plage de concentrations de B dans la plante pendant la croissance normale dans un sol adéquatement approvisionné en B disponible (intervalle de suffisance).

Plage de teneur en B testés dans le sol dans laquelle la plante pousse normalement (plantes à besoins élevé, moyen et faible en B).

Tolérance relative de différentes espèces végétales à diverses concentrations de B dans la solution nutritive (degrés de sensibilité).**

Basé sur les données publiées pour les gammes normales de B dans les tissus végétaux^{7,13} et les taux communément recommandés de B appliqué.^{54,55,60} Le tableau de la page suivante offre un guide utile pour faire des recommandations de B sur des cultures sélectionnées.

*UNE CLASSIFICATION DES ESPÈCES VÉGÉTALES EN CATÉGORIES DE BESOINS ÉLEVÉS, MOYENS ET FAIBLES EN B A ÉTÉ MONTRÉE PAR BERGER⁵.

UN REGROUPEMENT SIMILAIRE EST PRÉSENTÉ DANS CETTE PUBLICATION. UNE AUTRE CLASSIFICATION DES ESPÈCES VÉGÉTALES EN CATÉGORIES SENSIBLES AU B, SEMI-TOLÉRANTES AU B

ET TOLÉRANTES AU B A ÉTÉ RAPPORTÉE PAR EATON²³.

LA RECHERCHE *** A ÉTABLI DES GAMMES STANDARD OU OPTIMALES DE CONCENTRATIONS DE B POUR DE NOMBREUSES ESPÈCES DE PLANTES CULTIVÉES, AINSI QUE DES GAMMES DE DÉFICIENCE ET D'EXCÈS DE B.^{5,7,13,23,34,47,48,50,87}

***LES NORMES ACTUELLES DE TOLÉRANCE AU B POUR LA PLUPART DES PRINCIPALES CULTURES AGRICOLES SONT BASÉES SUR DES ÉTUDES MENÉES PAR EATON DE 1930 À 1934²³. CES DONNÉES, BIEN QUE LARGEMENT UTILISÉES ET PERPÉTUÉES, ONT ÉTÉ OBTENUES À PARTIR D'UNE PETITE POPULATION DE PLANTES ET SANS RÉPÉTITION DU TRAITEMENT. EN OUTRE, SA CLASSIFICATION POUR DE NOMBREUSES CULTURES ÉTAIT BASÉE SUR L'APPARITION DE LÉSIONS FOLIAIRES ET NON SUR LE RENDEMENT DU PRODUIT COMMERCIALISABLE. DES ÉTUDES RÉCENTES ONT MONTRÉ QUE LORSQUE LE PRODUIT EST RÉCOLTÉ POUR AUTRE CHOSE QUE LES FEUILLES, CETTE CLASSIFICATION N'EST PAS UN INDICATEUR FIABLE DE LA TOLÉRANCE AU B. FRANCOIS, LE. 1988. "Yield and quality responses of celery and crisphead lettuce to excess boron." J AMER SOC HORT SCI. 113 (4): 538-542.

Teneur en bore des feuilles définissant le statut de la teneur en B de diverses cultures

Teneur en bore des feuilles, ppm B					
Plantes pour boissons	Insuffisante	Faible	Normale	Élevée	En excès
Cacao	<10	10-25	25 – 70		
Café	<20	20 – 40	40 – 140	140-200	
Houblon	<20		25 – 60		
Thé	<12		12 – 80	>80	
Céréales et canne à sucre					
Orge	<5		5 – 20		
Maïs	<5		5 – 25	25 – 50	>50
Avoine	<5		5 – 20		
Riz	<5		25 – 30	>40	
Sorgho	<5		16 – 140		
Canne à sucre	<1	2 – 4	4 – 20		400
Blé	<5		5 – 20	30	
Cultures de fibres					
Coton	<16	16 – 20	21 – 80	80 – 200	>200
Fibre de sisal	<4	4 – 14	14 – 20		
Fleurs					
Œillet	<20		20 – 25		
Chrysanthème				>150	
Géranium	<15	15 – 30	30 – 300		>300
Rose			20 – 60		
Cultures fourragères					
Luzerne cultivée, luzerne	<20	20 – 30	30 – 80	>80	
Trèfle rouge	<10		20 – 45	>60	
Lotier corniculé	<10		30 – 45	>70	
Cultures de fruits et de noix					
Amande	<30		30 – 50	>80	
Pomme	<20	20 -28	28 – 50	>50	
Abricot	<12		20 – 70		>90
Avocat	<12		50 – 100	100 – 250	>250
Banane			20 – 40	>70	
Cerise	<20		20 – 100		>182
Agrumes	<15	15 – 30	30 – 100	100 – 250	>250
Figue	<15		50 – 100	300	>700
Raisin	<25		25 – 50	50	>200
Papaye	<20		20 – 60		
Pêche	<10	10 – 30	30 – 60	60 – 80	>100
Poire	<20	20 – 30	30 – 50		>50
Banane plantain	<16		20 – 40		
Framboise	<10	10 – 20	20 – 35		
Fraise	<20		20 – 50	100	>125
Noix de Grenoble	<25		40-200		

Teneur en bore des feuilles définissant le statut du B de diverses cultures

Teneur en bore des feuilles, ppm B					
Cultures de fruits et de noix	Insuffisante	Faible	Normale	Élevée	En excès
Amande	<30		30 – 50	>80	
Pomme	<20	20 -28	28 – 50	>50	
Abricot	<12		20 – 70		>90
Avocat	<12		50 – 100	100 – 250	>250
Banane			20 – 40	>70	
Cerise	<20		20 – 100		>182
Agrumes	<15	15 – 30	30 – 100	100 – 250	>250
Figue	<15		50 – 100	300	>700
Raisin	<25		25 – 50	50	>200
Papaye	<20		20 – 60		
Pêche	<10	10 – 30	30 – 60	60 – 80	>100
Poire	<20	20 – 30	30 – 50		>50
Banane plantain	<16		20 – 40		
Framboise	<10	10 – 20	20 – 35		
Fraise	<20		20 – 50	100	>125
Noix de Grenoble	<25		40-200		
Cultures fumigènes et masticatoires	Insuffisante	Faible	Normale	Élevée	En excès
Cola	<15				
Tabac	<10	10 – 40	40 – 100	100	>360
Cultures oléagineuses					
Canola (huile de colza)	<20	20 – 30			
Noix de coco	<12				
Palmier à huile	<12	12 – 15	15 – 25		
Olive	<15	15 – 20	20 – 180		>250
Arachides	<25				
Soja	<10	10 – 20	20 – 80	80 – 100	>100
Tournesol	<35		50 – 150		
Cultures de racines et tubercules					
Carotte	<18		32 – 200	>200	
Betterave fourragère	<20		20 – 50		
Pomme de terre	<5	20 – 40	40 – 70	>70	
Betterave rouge	<15	15 – 27	27 – 83		
Betterave sucrière	<20	20 – 25	25 – 50	50	>300
Patate douce	<16		118		
Navet, chou-navet	<15		45 – 50		
Rutabaga	<23	23 – 38	38 – 140		>250

Teneur en bore des feuilles permettant de définir la teneur en B de différentes cultures

Teneur en bore des feuilles, ppm B					
Arbres	Insuffisante	Faible	Normale	Élevée	En excès
Bouleau	<14		28 – 33		
Peuplier deltoïde	<9		68		
Eucalyptus	<35		40 – 70		
Houx	<20	20 – 25	>30		
Pin de Monterey	<10			>20	
Hévéa				>80	
Pin sylvestre	<10		25 – 30		
Epicéa	<8		25 – 30		
Légumes					
Artichaut	38		112		
Asperge	<15	50	55 – 150		>175
Haricot (Phaseolus)	<10				>150
Choux de Bruxelles	<19		70		
Chou	<18		22 – 38	>100	
Chou-fleur	<23		36		
Céleri	<15		15 – 48		>400
Concombre	<25		30 – 60		>200
Laitue			27 – 43	>70	
Okra				>70	
Oignon			29 – 50		
Pois	<18		170		
Radis	<19		19 – 195		
Tomate	<10		30 – 100		>200

La plupart des données sont tirées de Diagnostic Criteria for Plants and Soils, éd. HD Chapman.



**UN BROCOLI VERT VIF,
SANS JAUNISSEMENT
NI DÉCOLORATION,
INDIQUE DES NIVEAUX
DE BORE SUFFISANTS.**



Méthodes d'application du bore

Les méthodes les plus courantes d'application du B sont l'application à la volée et/ou en bande sur le sol - généralement avec d'autres engrais - ou en pulvérisations foliaires.

Comme pour les autres micronutriments, les taux d'application de B sont si faibles (généralement <2 lb/acre) qu'il est difficile d'appliquer des sources de B au sol séparément sans risquer une application excessive dans certaines zones et aucune dans d'autres. Par exemple, *Granubor* contient 15 % de B. Il est donc difficile d'appliquer manuellement et uniformément cette source de B seule dans le sol aux taux recommandés. Le fait d'inclure des sources de B avec d'autres engrais permet également de réduire les coûts d'application grâce aux applications combinées d'éléments nutritifs.

Appliquez les sources de bore comme suit :

- Engrais mélangés en les incorporant au cours du processus de fabrication
- Mélangés en vrac avec des engrais granulaires
- Mélangés avec des engrais fluides juste avant l'application

Bien que certains micronutriments soient également appliqués en traitement des semences, cette méthode n'est pas recommandée avec les sources de B car les semis de nombreuses espèces végétales ont une faible tolérance au B soluble.

Incorporation en cours de fabrication

Les sources de bore peuvent être distribuées uniformément dans les engrais NPK en les incorporant au cours du processus de fabrication. Cela se fait généralement en dissolvant ou en mettant en suspension la source de B dans l'acide phosphorique avant l'ammoniation des phosphates, ou en mélangeant la source de B avec un composant solide du mélange NP ou NPK final avant la granulation⁵⁶. Ces produits sont généralement appelés « engrais borés ».

La plupart des sources de B ne réagissent pas chimiquement avec les autres composants de l'engrais pendant la fabrication, ce qui pourrait affecter la disponibilité du B pour les plantes. Par conséquent, l'incorporation du B pendant la fabrication des engrais mixtes est une méthode viable d'application du B⁵⁵.

Une autre façon d'incorporer du B pendant la fabrication d'engrais est d'enrober les mélanges d'engrais NPK de B. Ce procédé permet d'obtenir un enrobage uniforme de micronutriments sur tous les granulés d'engrais NPK, ce qui offre une certaine souplesse dans le taux de micronutriments et assure une distribution uniforme dans le champ.

Mélange en vrac

Le principal avantage des mélanges en vrac est la flexibilité. Les producteurs peuvent préparer uniquement la quantité nécessaire d'engrais contenant les ratios d'éléments nutritifs requis pour un champ donné. Toutefois, une application non uniforme dans le champ peut résulter de la ségrégation des éléments nutritifs pendant la manutention et l'application. Pour minimiser la ségrégation, il faut faire correspondre la taille des particules des sources de B granulaire avec celle des composants NPK. Il existe des dispositifs mécaniques permettant de minimiser la ségrégation¹.

Les sources de B granulaires, comme *Granubor*, peuvent être mélangées en vrac avec des engrais NPK pour obtenir les taux de B recommandés pour une culture donnée. Le *Granubor* est particulièrement adapté aux mélanges en vrac, car la taille de ses particules et sa densité correspondent étroitement à celles de la plupart des composants des mélanges NPK.

Mélange avec des engrais liquides

Cette méthode d'application de B est populaire en raison de la commodité de mélanger les quantités désirées de B avec des engrais liquides juste avant l'application dans le champ. Il n'y a pas de problèmes de ségrégation avec les fluides, donc l'uniformité de l'application est facilement atteinte.

La solubilité des sources de B est importante dans cette méthode d'application ; les sources lentement solubles ou insolubles ne se mélangeront pas bien avec certains fluides. Les sources de B solubles telles que *Solubor* sont bien adaptées pour être mélangées à des engrais fluides tels que les solutions d'urée et de nitrate d'ammonium et de polyphosphate d'ammonium (10-34-0).

Une quantité suffisante de B peut être dissoute dans ces engrais pour répondre à toutes les recommandations de B aux taux d'application habituels d'azote et/ou de phosphate.

Applications par pulvérisation foliaire

Les pulvérisations foliaires sont particulièrement adaptées à l'application de B aux cultures d'arbres et de noix, ainsi qu'aux cultures spéciales comme les légumes. L'application par pulvérisation nécessite des sources de B hydrosolubles telles que *Solubor*. Les avantages sont les suivants :

- Application uniforme de B facile à réaliser

- Réponse presque immédiate au B appliqué
- Les taux d'application de B sont généralement inférieurs à ceux de l'application au sol⁵⁷.

Les pulvérisations foliaires permettent de diagnostiquer les carences en B suspectées. Cependant, les carences en B naissantes, comme celles qui affectent les systèmes de reproduction de certaines espèces végétales, peuvent ne pas être diagnostiquées avant une période plus longue.

Les pulvérisations foliaires présentent certains inconvénients :

- Les feuilles peuvent être brûlées si les concentrations en sel de la pulvérisation sont trop élevées.
- La demande en nutriments est souvent élevée lorsque les plantes cultivées sont petites et que la surface foliaire est insuffisante pour l'absorption foliaire.
- Il peut être trop tard dans la saison de croissance pour obtenir des rendements maximums si la pulvérisation est retardée jusqu'à ce que les symptômes de carence en B apparaissent.
- Les effets résiduels des pulvérisations foliaires sont faibles⁵⁶

Solubor est bien adapté à l'inclusion dans les pulvérisations foliaires. Ils sont compatibles avec la plupart des pulvérisations de pesticides et peuvent donc être combinés pour fournir le B nécessaire avec les applications de pesticides pendant la saison de croissance.

L'inclusion d'agents mouillant-adhésif augmente l'efficacité de l'absorption du B par les pulvérisations foliaires.

Avant de préparer un mélange en cuve, testez la compatibilité de l'une ou l'autre de ces sources de B avec une solution de pulvérisation de pesticides donnée en utilisant la méthode de « l'essai de floculation ».

Autres méthodes

Les sources de B soluble peuvent également être incluses dans les systèmes d'irrigation (aussi bien les systèmes d'épandage que les installations d'irrigation au goutte-à-goutte). Cette méthode est appelée fertirrigation et nécessite des mesures minutieuses du volume et un étalonnage du système pour s'assurer que les quantités correctes de sources d'engrais - y compris le B - sont placées dans les réservoirs ravitailleurs pour fournir les taux souhaités.

**LE PRINCIPAL
AVANTAGE DES
MÉLANGES EN VRAC
EST LA FLEXIBILITÉ.**



Références

1. Achorn FP, Mortvedt JJ. 1977. Addition of secondary and micronutrients to granular fertilizers. Int Conf on Granular Fertilizers and their Production Papers. British Sulfur Corp. London, England; p. 304-332.
2. Anderson OE, Boswell FC. 1968. Boron and manganese effects on cotton yield, lint quality, and earliness of harvest. *Agron J.* 60:488-493.
3. Baker AS, Cook RL. 1959. Need of boron fertilization for alfalfa in Michigan and methods of determining this need. *Agron J.* 51:1-4.
4. Bell RW. 1997. Diagnosis and prediction of boron deficiency. In: Dell B, Brown PH, Bell RW (eds). *Boron in Soils and Plants: Reviews*. Kluwer Acad Publishers. Boston, MA.
5. Berger KC. 1949. Boron in soils and crops. *Advan Agron.* 1:321-351.
6. Berger KC, Truog E. 1944. Boron tests and determinations for soils and plants. *Soil Sci.* 57:25-36.
7. Bradford GR. 1966. Boron. In: Chapman HD (ed) *Diagnostic criteria for plants and soils*. Univ of California, Div Agr Sciences; p. 33-61.
8. Brown BA, Munsell RI, King, AV. 1946. Potassium and boron fertilization of alfalfa on a few Connecticut soils. *Soil Sci Soc Amer Proc.* 10:134-140.
9. Brown PH, and Hu H. 1998. Boron mobility and consequent management in different crops. *Better Crops with Plant Food*. Potash-Phosphate Institute. Norcross (GA).
10. Brown PH, Shelp BJ. 1997. Boron; mobility in plants. In: Dell B, Brown PH, Bell RW (eds). *Boron in Soils and Plants: Reviews*. Kluwer Acad Publishers. Boston (MA); p. 85-102.
11. Brown PH, Belloui N, Hu H, Dankelkar A. 1999. Transgenetically enhanced sorbitol synthesis facilitates phloem boron transport and increases tolerance of tobacco to boron deficiency. *Plant Physiol* 119:17-20.
12. Cakmak I, Romheld V. 1997. Boron deficiency. In: Dell B, Brown PH, Bell RW (eds). *Boron in Soils and Plants: Reviews*. Kluwer Acad Publishers. Boston (MA).
13. Chapman HD. 1967. Plant analysis values suggestive of nutrient status of selected crops. In: Hardy GW (ed). *Soil Testing and Plant Analysis, Part 2*, SSSA Spec Pub No 2, SSSA. Madison (WI); p. 77-91.
14. Cole Jr CA, Turner JR. 1986. Incorporating fluid fertilizers. Abstracts, 192nd meeting of the Amer Chem Soc Anaheim (CA).
15. Cox FR. 1987. Micronutrient soil tests: Correlation and Calibration. In: Brown JR, et al. (eds) *Soil testing: Sampling, correlation, calibration, and interpretation*. SSSA Special Publications No 21, SSSA, Madison (WI); p. 97-117.
16. Cox FR, Adams F, Tucker BB. 1982. Timing, fertilization, and mineral nutrition. In: Pattee HE, Young CT (eds). *Peanut science and technology*. Am Peanut Res and Ed Soc Inc, Yoakum (TX); p. 139-163.
17. Cox FR, Kamprath EJ. 1972. Micronutrient soil tests, p. 289-317. In: Mortvedt JJ et al. (eds) *Micronutrients in Ag*, SSSA, Madison (WI).
18. Cox FR, Reid PH. 1964. Calcium-boron nutrition as related to concealed damage in peanuts. *Agron J.* 56:173-176.
19. Dawson JE, Gustafson AF. 1945. A study of techniques for predicting potassium and boron requirements for alfalfa, II. Influence of borax on deficiency symptoms and boron content of the plant and soil. *Soil Sci Soc Amer Proc.* 10: 147-149.
20. DeMoranville CJ, Deubert, KH. 1987. Effect of commercial calcium-boron and manganese-zinc formulations on fruit set of cranberries. *J Hort Sci.* 62:(2) 163-169.
21. DeTurk EE, Olson LC. 1941. Determination of boron in some soils of Illinois and Georgia. *Soil Sci.* 52:351-357.
22. Eaton FM. 1935. Boron in soils and irrigation waters and its effect on peanuts. *USDA Tech Bull.* 448: 1-132.

23. Eaton FM. 1944. Deficiency, toxicity and accumulation of boron in plants. *J Agr Res.* 69: 237-279.
24. Flanery RL. 1975. Unpublished data. Rutgers Univ, New Brunswick, NJ.
25. Gascho GJ. 1993. Boron and nitrogen applications to soybeans: foliar and through sprinkler irrigation. In: Murphy LS, ed. *Foliar fertilization of soybeans and cotton.* PPI/FAR Tech Bull. 1993-1; p. 17-33.
26. Gascho GJ, Davis JG. 1995. Soil fertility and plant nutrition. In: Pattee HE, Stalker HT (eds). *Advances in peanut science.* Am Peanut Res and Ed Soc Inc. Yoakum, (TX); p. 383-418.
27. Gestring WD, Soltanpour PN. 1987. Comparison of soil tests for assessing boron toxicity to alfalfa. *Soil Sci Soc Am J.* 51:1214-1219.
28. Giddens JE. 1964. Boron. In: *Micronutrients and crop production in Georgia.* Georgia Ag Exp. Stn., Univ. of Georgia Coll of Agr Bull. N.S. 126; p. 13-21.
29. Goldbach GE, Rerkasem B, Wimmer MA, Brown PH, Thellier M, Bell RW (eds). 2001. *Boron in Plant and Animal Nutrition.* Kluwer Acad Publishers. Boston (MA); p. 410.
30. Goldberg, S. 1997. Reactions of boron in soils. In: Dell B, Brown PH, Bell RW (eds). *Boron in Soils and Plants: Reviews.* Kluwer Acad Publishers. Boston (MA); p. 35-48.
31. Guertal EA, Abaye AO, Lippert BM, Miner GS, Gascho GJ. 1996. Sources of boron for foliar fertilization of cotton and soybeans. *Commun Soil Sci Plant Anal.* 27:2815-2828.
32. Guertal EA, Abaye AO, Lippert BM, Miner GS, Gascho GJ. 1998. Boron uptake and concentration in cotton and soybeans as affected by boron source. *Commun Soil Sci Plant Anal.* 29:3007-3014.
33. Gupta UC. 1979. Boron nutrition of crops. *Adv Agron.* 31:273-279.
34. Gupta UC. 1993. Deficiency, sufficiency, and toxicity levels of boron in crops. In: Gupta UC (ed). *Boron and its role in crop production.* CRC Press Inc. Boca Raton (FL); p. 137-145.
35. Gupta UC (ed). 1993. *Boron and its Role in Crop Production.* CRC Press, Boca Raton (FL); p. 237.
36. Gupta UC, Munro, DC. 1969. The boron content of tissues and roots of rutabagas and of soil associated with brown heart condition. *Soil Sci Soc Amer Proc.* 33:424-426.
37. Hanson EJ. 1991. Movement of boron out of tree fruit leaves. *Hort Sci* 26(3):271-273.
38. Hanson EJ. 1991. Sour cherry trees respond to foliar boron applications. *Hort Sc* 26(9):1142-1145.
39. Hanson EJ, Chaplin MH, Breen PJ. 1985. Movement of foliar applied boron out of leaves and accumulation in flower buds and flower parts of "Italian" prune. *Hort Sci* 20:747-748.
40. Hill WE, Morrill LG. 1974. Assessing boron needs for improving peanut yield and quality. *Soil Sci Soc Amer Proc.* 38:791-794.
41. Howard DD, Gwathmey CO, Sams CE. 1998. Foliar feeding of cotton: evaluating potassium sources, potassium solution buffering and boron. *Agron J.* 90:740-746.
42. Hu H, Brown PH. 1997. Absorption of boron by plant roots. In: Dell B, Brown PH, Bell RW (eds). *Boron in Soils and Plants: Reviews.* Kluwer Acad Publishers. Boston (MA); p. 49-58.
43. Hutcheson Jr. TB, Woltz WG. 1956. Boron in the fertilization of flue-cured tobacco. *N.C. Agr Exp Stn Bull.* No. 120.
44. Jin J, Martens DC, Zelazny LW. 1988. Plant availability of applied and native boron in soils with diverse properties. *Plant Soil.* 105:127-132.
45. Johnson ES, Dore WH. 1928. The relation of boron to the growth of the tomato plant. *Sci* 67:324.
46. Johnson GV, Fixen PE. 1990. Testing soils for sulfur, boron, molybdenum, and chlorine. In: Westerman RL, et al. (eds). *Soil Testing and Plant Analysis* 3rd ed. SSSA, Madison (WI); p. 265-273.
47. Jones, Jr JB. 1967. Interpretation of plant analysis for several agronomic crops. In: Hardy GW (ed) *Soil Testing and Plant Analysis, Part 2, SSSA Spec Pub No. 2, SSSA, Madison (WI); p. 49-58.*

48. Jones, Jr JB, 1991. Plant tissue analysis in micronutrients. In: Mortvedt JJ et al. (eds). *Micronutrients in Agriculture*, 2nd ed. SSSA No 2, in Soil Sci Soc Am Book Series, SSSA, Madison (WI); p. 477-521.
49. Kelley WP, Brown SM. 1928. Boron in the soils and its relation to citrus and walnut culture. *Hilgardia* 3(16):445-458.
50. Kenworthy AL. 1967. Plant analysis and interpretation of analysis for horticultural crops. In: Hardy GW (ed) *Soil Testing and Plant Analysis, Part 2*. SSSA Special Publication No 2, SSSA, Madison (WI); p. 59-75.
51. Keogh JL, Maplen M. 1969. Boron for cotton and soybeans on loessial plains soils. *Arkansas Agr Exp Sta Bull.* 740.
52. Lehr JJ, Henkens CH. 1959. Threshold values of boron contents in Dutch soils in relation to boron deficiency symptoms in beet (heartrot). *World Cong Agr Res.* 1:1397-1404.
53. Marschner H. 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Academic Press. Boston (MA); p. 889.
54. Martens DC, Westerman DT. 1991. Fertilizer applications for correcting micronutrient deficiencies. In: Mortvedt JJ et al. (eds) *Micronutrients in Agriculture*, 2nd ed. No 4 in SSSA Book Series, SSSA Inc. Madison (WI); p. 549-592.
55. Mortvedt JJ. 1968. Availability of boron in various boronated fertilizers. *Soil Sci Soc Amer Proc.* 32:433-437.
56. Mortvedt JJ, Cox FR, Shuman LM, Welch RM. (eds). 1991. *Micronutrients in Agriculture*. 2nd ed. Soil Sci Soc Am. Madison (WI); p. 760.
57. Mortvedt JJ, Woodruff JR. 1993. Technology and application of boron fertilizer for crops. In: Gupta UC (ed) *Boron and its Role in Crop Production*. CRC Press Inc. Boca Raton (FL); p. 157-183.
58. Mozafar A. 1987. Effect of boron on ear formation and yield components of two maize (*Zea mays* L.) hybrids. *J Plant Nutr.* 10:319-332.
59. Mozafar A. 1989. Boron effect on mineral nutrients of maize. *Agron J.* 81:285-290.
60. Murphy LS, Walsh LM. 1972. Correction of micronutrient deficiencies with fertilizer. In: Mortvedt JJ et al. (eds) *Micronutrients in Agriculture*, SSSA Inc. Madison (WI); p. 347-388.
61. Oplinger ES, Hoelt RG, Johnson JW, Tracy PW. 1993. Boron fertilization of soybeans: a regional summary. In: *Foliar Fertilization of Soybeans and Cotton*, PPI/FAR Tech Bull. 1993-1; p. 7-16.
62. Ouellette, GJ, Lachance RO. 1954. Soil and plant analysis as a means of diagnosing boron deficiency in alfalfa in Quebec. *Can J Agr Sci.* 34:494-503.
63. Peryea FJ. 1992. History of boron research in apples, pears reviewed. *Fruit Grower*, Mar 15 issue: 26-29.
64. Peryea FJ. 1998. Boron products for foliar spray applications. [www.goodfruit.com/archive/ Apr15-98/ feature12.html](http://www.goodfruit.com/archive/Apr15-98/feature12.html).
65. Peryea FJ. 1999. Boron products for foliar sprays: 1999 update. www.goodfruit.com/Apr15-99/feature18.htm.
66. Piland JR, Ireland CF, Reisenauer, HM. 1944. The importance of borax in legume seed production in the South. *Soil Sci.* 57:75-84.
67. Ponnampereuma FM, Clayton MT, Lantin RS. 1981. Dilute hydrochloric acid as an extractant for available zinc, copper, and boron in rice soils. *Plant Soil.* 61:297-310.
68. Purvis ER, Hanna WJ. 1940. Vegetable crops affected by boron deficiency in Eastern Virginia. *Virginia Truck Exp Sta Bull.* 105.
69. Reeve E, Shive JW. 1944. Potassium-boron and calcium-boron relationships in plant nutrition. *Soil Sci.* 57:1-14.
70. Reeve E, Prince AL, Bear FE. 1944. The boron needs of New Jersey soils. *N.J. Agr Exp. Sta Bull.* 709.

71. Reisenauer HM. 1967. Availability assays for the secondary and micronutrient onions. In: Soil Testing and Plant Analysis. Part 1, Soil testing. No. 2 in the SSSA Spec Pub Series, SSSA. Madison (WI); p. 71-102.
72. Reisenauer HM, Walsh LM, Hoefft RG. 1973. Testing soils for sulfur, boron, molybdenum, and chlorine. In: Walsh LM, Beaton JD (eds) Soil Testing and Plant Analysis, revised ed SSSA, Madison (WI); p. 173-200.
73. Rogers HT. 1947. Water soluble boron in coarse-texture soils in relation to need of boron fertilization for legumes. *J Amer Soc Agron.* 39:914-927.
74. Rowell AWG, Grant PM. 1975. A comparison of fertilizer borate and colemanite incorporated in various fertilizers. *Rhod J Agric Res.* 13:63-66.
75. Schon MK, Blevins DG. 1990. Foliar boron applications increase the final number of branches and pods on branches of field-grown soybeans. *Plant Physiol.* 92:602-607.
76. Sedberry Jr JE, Nugent AL, Brupbacher RH, Holder JB, Phillips SA, Marshall JG, Sloane LW, Melville DR, Rabb JL. 1969. Boron investigations with cotton in Louisiana. *LSU Agr Exp Sta Bull.* 635.
77. Shuman LM, Bandel VA, Donohue SJ, Isacc RA, Lippert RM, Sims JT, Tucker MR. 1992. Comparison of Mehlich-1 and Mehlich-3 extractable soil boron with hot-water extractable boron. *Commun Soil Sci Plant Anal.* 23 (1&2); p. 1-14.
78. Sims JT, Johnson GV. 1991. Micronutrient soil tests. In: Mortvedt JJ et al. (eds) *Micronutrients in Ag* 2nd ed. SSSA, Madison (WI), p. 427-476.
79. Smith GR, Gilbert CL, Pemberton IJ. 1990. Effects of boron on seedling establishment of annual legumes. In: *Forage and Livestock Research 1990*, Overton Research Center. Texas Agr Exp Sta Tech Rep No 90-1.; p. 110-114.
80. Spooner AE, Huneycutt H. 1983. Effects of boron on coastal bermudagrass. *Ark Farm Res.* July-August 1983.
81. Stinson CH. 1953. Relation of water soluble boron in Illinois soils to boron content of alfalfa. *Soil Sci.* 75:31-36.
82. Thompson LF, Hardy GW. 1967. Effect of boron fertilization on soybeans. *Ark Farm Res.* 16(2):16.
83. Vaughn, B, Howe J. 1994. Evaluation of boron chelates in extracting soil boron. *Commun Soil Sci Plant Anal* 25 (7&8):1071-1084.
84. Warrington K. 1923. The effect of boric acid and borax on the broad bean and certain other plants. *Ann Bot.* 37:629-672.
85. Wear JI. 1957. Boron requirements of crops in Alabama. *Alabama Agr Exp Sta Bull.* 305.
86. Wear JI, Patterson RM. 1962. Effect of soil pH, and texture on the availability of water soluble boron in the soil. *Soil Sci Soc Amer Proc.* 26:344-346.
87. Westerman RL. (ed) 1990. *Soil Testing and Plant Analysis*, 3rd ed. SSSA, Madison (WI); p. 429-657.
88. Wilson CM, Louvorn RL, Woodhouse Jr WW. 1951. Movement and accumulation of water soluble boron within the soil profile. *Agron J.* 43:363-367.
89. Woodruff JR. 1974. Research and demonstration reports. Dept of Agron and Soils, Clemson Univ. Lime level 1, plots with P fertilization in 1973; p. 233.
90. Woodruff JR, Moore FW, Musen HL. 1987. Potassium, boron, nitrogen and lime effects on corn yield and earleaf nutrient concentration. *Agron J.* 79:510-524.

Cultures : Symptômes et taux d'application

Cultures pour boissons

Agave

(*Agave tequilana*)

Les premiers signes de carence en B sont des taches jaunes, plus nombreuses près de l'extrémité, sur les deux faces de la feuille. Ils sont suivis par la formation dans l'épiderme de dépressions ramifiées en forme de doigts à partir du bord de la feuille, qui peuvent ensuite devenir subérisées. Dans les expériences de culture sur sable, les symptômes comprennent une pointe de feuille crochue et une épine foliaire absente ou réduite à un poil blanc. En cas de carence grave, le point de végétation se désorganise et les feuilles sont courtes, étroites, tordues et parfois fendues. Les plantes ont un aspect aplati.

Cacao

(*Theobroma cacao*)

L'un des premiers signes de carence en B est la formation abondante de drageons et l'apparition de quelques feuilles frisées d'une couleur verte presque normale. Lorsque la carence est légère, des drageons normaux et des drageons déficients en B peuvent alterner. Lorsque la carence progresse, les feuilles des nouvelles pousses deviennent très chlorotiques et sont déformées et tordues. La plupart des feuilles qui se forment dans des conditions de carence aiguë en B tombent avant de durcir. Les feuilles qui mûrissent deviennent fragiles et rugueuses - elles restent vertes mais la formation de plaques nécrotiques à l'extrémité des feuilles est courante et constitue le symptôme le plus typique. Une subérisation des nervures se produit également.



Café

(*Coffea arabica* and *C. canephora*)

La carence en bore provoque la mort du point de végétation terminal. Le développement ultérieur de branches secondaires (parfois jusqu'à sept au même nœud) sous l'apex végétatif mort donne l'effet typique d'un éventail. Dans les cas graves, les branches secondaires meurent rapidement, entraînant le dépérissement des sections terminales des nouvelles pousses.



Une défoliation peut se produire. La face inférieure de la nervure médiane des feuilles âgées chlorotiques ou saines peut devenir subérisée. La production sera sérieusement réduite en raison de la mauvaise formation des fruits.

Le dépérissement terminal et le développement de feuilles froissées vers la fin d'une période sèche et au début de la saison des pluies (en raison de la réduction de l'absorption de B par les couches supérieures sèches du sol) sont souvent les premiers signes que le café souffre d'une carence en B.

Les symptômes sont également particulièrement visibles à la floraison et après le chaulage en raison de la disponibilité réduite du bore dans le sol. Le bore est principalement utilisé sur le caféier pour prévenir l'apparition des symptômes de carence transitoires plutôt que pour corriger les carences graves qui entraînent un dépérissement significatif des branches.

Houblon

(*Humulus lupulus*)

Les points de végétation deviennent bruns et peuvent mourir alors qu'ils ne mesurent que quelques centimètres. Les racines produisent de nombreuses pousses avec des entre-nœuds courts, dont beaucoup meurent, donnant à la plante un aspect rabougri et touffu. Les bourgeons axillaires des pousses qui survivent peuvent également se nécroser et mourir, bien que certaines des pousses latérales rabougries finissent par se développer.

Les feuilles produites sur ces pousses ont tendance à être petites, déformées et à double denture plutôt qu'à lobes. Les stipules se développent normalement au début mais se nécrosent rapidement de l'extrémité vers le bas en vieillissant. De nombreuses inflorescences brunissent et meurent. Les cônes qui se forment sont petits, lâches, et ont un aspect roussi qui commence à l'extrémité et progresse vers la base. La productivité est fortement réduite. Les systèmes racinaires des plantes carencées se développent de façon médiocre.

Thé

(*Camellia sinensis*)

Le premier signe de carence en B est le ralentissement de la croissance de l'apex végétatif qui devient dormant. Les feuilles deviennent vert foncé, épaisses et coriaces, et elles sont souvent déformées et plissées. Le point de végétation finit par mourir et, en raison de la perte de la dominance apicale, de nombreux bourgeons axillaires tentent de se développer, mais ils meurent également si le B est en quantité insuffisante. Des grappes de petites pousses remplissent les aisselles supérieures après une succession de tentatives avortées. Des taches d'huile translucides sur la face inférieure des feuilles matures ont également été signalées, mais elles ne persistent pas.

Au fur et à mesure que la carence progresse, un excès de liège se développe - d'abord sur la face supérieure du pétiole, mais s'étendant ensuite aux veines principales et latérales en les soulignant d'une traînée liégeuse sur les faces supérieure et inférieure. Les veines se fissurent au fur et à mesure que le liège se développe. Des stries liégeuses peuvent se développer sur la tige comme des lenticelles allongées.



Application sur le sol (doses d'application suggérées)

CULTURE	Granubor (15% B) Fertibor (15% B)		Solubor (20,5% B)	
	KG/HA		KG/HA	L/HA
Cacao	20-40		14-28	280-561
Houblon	10-20		7-15	140-280
Thé	6-10		4-7	8-140
	GRAMMES/TERRAIN BOISÉ		GRAMMES/TERRAIN BOISÉ	ML/TERRAIN BOISÉ
Café	14-31		11-20	384

Application foliaire (taux d'application suggérés)

CULTURE	Solubor (20,5% B)		Concentration maximum
	KG/HA	Volume minimum	
Cacao		0.25	% P/V
Thé	2.2	84-2002	0.25
		GRAMMES/TERRAIN BOISÉ	% P/V
Café		0.3	

Arbres d'ombrage pour thés

Immortelle

(*Erythrina variegata*)

Les feuilles les plus jeunes sont les premières touchées : les pennes sont petites et de nombreux segments ne se développent pas, ce qui entraîne la formation d'une feuille très simple. Au fur et à mesure que la carence progresse, les points de végétation dépérissent, suivis par le développement de nombreuses pousses à partir du tronc principal.

Des fissures de l'écorce et une exsudation de la gomme apparaissent lorsque la carence est très avancée. Des nécroses du cambium ont été signalées.

Chêne argenté

(*Grevillea robusta*)

La carence en bore provoque un dépérissement et le développement de multiples pousses latérales. Les feuilles sont mutiques, ce qui contraste fortement avec les feuilles saines et pointues.

Céréales et canne à sucre

Maïs

(*Zea mays*)

Une distribution irrégulière des graines et une réduction générale de la croissance sont les premiers signes d'une carence en B. Une carence grave en B se traduit par des épis de maïs courts et courbés, avec des extrémités sous-développées et un développement très faible des graines.

Des taches jaunes ou blanches se développent entre les nervures des jeunes feuilles, et les taches s'unissent souvent pour former des stries. Ces stries, qui peuvent être cireuses et se détacher de la surface de la feuille, ne se développent normalement pas sur les feuilles adultes. Les extrémités des feuilles peuvent être enroulées. On observe également un raccourcissement des entre-nœuds et souvent les jeunes feuilles ne s'ouvrent pas. Il semble que le maïs à haute teneur en lysine soit plus sensible à la carence en B que le maïs normal.



Application sur le sol (doses d'application suggérées)

CULTURE	Granubor (15% B) Fertibor (15% B)		Solubor (20,5% B)	
	KG/HA		KG/HA	L/HA
Maïs : Bande	3-7			280-561
Maïs : Épandage à la volée	4-10		3-6	56-140
Riz	3-7		2-4	37-102
Canne à sucre	4-15		3-10	56-196
Blé	4-15		3-10	56-196
Céréales, en général	3-15		2-10	37-196

Application foliaire (taux d'application suggérés)

CULTURE	Solubor (20,5% B)		Concentration maximum
	KG/HA	Volume minimum	
Maïs	2-4	L/HA	% P/V
Maïs	2-4	402-1001	0.5
Riz	2-4	43-1001	0.5
Canne à sucre	3-10	64-2002	0.5
Blé	3-10	64-2002	0.5
Céréales, en général	2-10	43-2002	0.5

Riz

(*Oryza sativa*)

Les premiers symptômes sont observés sur les feuilles les plus jeunes qui ne s'allongent pas correctement mais restent courtes et étroites. Une légère chlorose blanche/jaune peut éventuellement se développer près de l'extrémité de la feuille. Les feuilles suivantes sont pliées, courbées et presque blanches. Si ces feuilles s'ouvrent, une grande partie du limbe va rapidement se dessécher. Lorsque la carence est sévère, la croissance s'arrête complètement.

Les feuilles les plus anciennes restent initialement vert foncé, mais par la suite, de nombreuses taches chlorotiques blanches sont susceptibles de se développer sur les feuilles jeunes et anciennes. De nouvelles talles peuvent se développer, mais elles présentent rapidement les mêmes symptômes et restent rabougries. On a observé une incapacité totale à fixer les graines en cas de carence sévère en B. Les racines des plantes gravement touchées sont tronquées, coriaces et de couleur brun clair.

Sorgho

(*Sorghum vulgare*)

Les symptômes de la carence en bore comprennent des stries blanches sur les jeunes feuilles, des feuilles grises étroites avec des bandes transparentes, et la stérilité des épis. En outre, les capitules de graines de sorgho peuvent ne pas être complètement remplis.

Millet

(*Panicum millaceum*)

Les travaux limités sur ces espèces indiquent que la carence en B entraîne les symptômes courants chez les graminées, à savoir des stries blanches sur les jeunes feuilles et la stérilité des épis.

Canne à sucre

(*Saccharum officinarum*)

Les premiers symptômes apparaissent sous forme de petites taches aqueuses étroites qui se développent parallèlement aux faisceaux vasculaires sur les jeunes feuilles, ce qui donne lieu à une rayure distincte. Les lésions s'agrandissent rapidement et le tissu foliaire peut ensuite se séparer en formant une fracture dont le bord interne est dentelé. Les extrémités des feuilles peuvent se nécroser, la croissance apicale est retardée et les jeunes feuilles sont petites, étroites et quelque peu chlorotiques. Des stries internes brunâtres se développent fréquemment au niveau du point de végétation et légèrement en dessous. Les jeunes plantes sont groupées avec de nombreuses tiges secondaires. Les feuilles en fuseau deviennent blanches et se dessèchent. « Pokkah boeng », une maladie causée par le *Fusarium moniliforme* et des lésions causées par l'herbicide Dalapon, peut provoquer des symptômes similaires à la carence en B.



Blé (*Triticum spp.*)
Orge (*Hordeum vulgare*)



Avoine (*Avena sativa*)
Seigle (*Secale cereale*)

La carence en bore provoque des symptômes similaires dans ces cultures. De petites taches chlorotiques se forment entre les nervures des plus jeunes feuilles dépliées. Les taches s'agrandissent et s'unissent pour former des bandes blanches caractéristiques. Les rayures ne se développent pas sur les feuilles matures. Le déploiement des feuilles est probablement retardé et anormal. Les épis sont stériles, probablement en raison d'un trouble de la germination et de la croissance du pollen.

On peut observer une augmentation du tallage et les entrenœuds peuvent être courts. Il semble que le blé et l'orge déficients en B soient plus sensibles au mildiou (*Erysiphe graminis*) que les plantes saines.

Les applications de bore sont connues pour réduire l'incidence de l'ergot (*Claviceps purpurea*) sur l'orge. Il est probable que l'infection soit facilitée par la stérilité des fleurs et par la configuration ouverte des épillets lorsque le B est déficient.

Cultures pharmaceutiques, fumigènes et masticatoires

Fenugrec

(*Trigonella foenum-graecum*)

Sur le terrain, la carence en B se manifeste normalement par un retard de croissance, suite à une mauvaise extension des entrenœuds ; très peu de gousses sont formées. Lorsque la carence est plus grave, les points de végétation cessent de se développer et les feuilles supérieures sont petites et en forme de cuillère. Les tiges sont raides et cassantes, les fleurs ne se développent pas normalement.

Cola

(*Cola nitida*)

La carence en bore provoque le dépérissement du point de végétation, et la perte de la dominance apicale entraîne un débourement latéral abondant et la formation de pousses multiples et tronquées. Les feuilles malformées sont souvent larges, très petites, épaisses et tordues. Les entrenœuds sont courts. La carence en bore provoque une floraison abondante, augmente la taille des fleurs et entraîne une prépondérance des fleurs femelles. Généralement, ces fleurs femelles ne donnent pas de fruits et ne se séparent pas. La nouaison est réduite et il y a une incidence accrue de fruits parthénocarpiques.

Coquelicot

(*Papaver somniferum*)

Chez les jeunes plantes, les feuilles s'enroulent le long de la nervure centrale. Le cœur de la plante est rabougri ou déformé et pourrit rapidement, devenant de couleur violet foncé. Les nervures médianes présentent également la même couleur. La mort des plantes est accélérée par les attaques fongiques et bactériennes. Dans d'autres cas, les feuilles peuvent sembler normales mais les jeunes capitules de graines deviennent



bleus et les capsules sont déformées. Dans ces capsules, la grenaison est faible. Les tiges présentent souvent des gonflements semblables à des cloques et se fendent ensuite.

Tabac

(*Nicotiana tabacum*)

Les symptômes caractéristiques de la carence en bore sont des entre-nœuds courts et le dépérissement du méristème apical. Le premier signe est le développement d'une chlorose basale sur les feuilles les plus jeunes. Lorsque la feuille entière n'est pas affectée, les feuilles se développent ensuite mais se déforment. Elles sont souvent unilatérales et tordues. De même, la tige située près du sommet de la plante est souvent tordue.



Après la mort du point de végétation apical, des drageons sont susceptibles de se développer, mais ils sont également sujets au dépérissement. Les feuilles deviennent rigides et cassantes à mesure qu'elles vieillissent et, par conséquent, les nervures médianes se brisent fréquemment.

Lorsque la carence ne devient aiguë qu'au stade de la floraison, de nombreux boutons floraux sont éliminés et très peu de cosses sont formées.

Application sur le sol (doses d'application suggérées)

CULTURE	Granubor (15% B) Fertibor (15% B)		Solubor (20,5% B)	
	KG/HA		KG/HA	L/HA
Fenugrec	7-28		4-20	102-402
Coquelicot	7-15		4-10	102-196
Tabac	2-7		1-4	19-94
	ONCE/ARBRE		ONCE/ARBRE	ONCE/ARBRE
Cola	0.3-0.5		0.2-0.4	13

Application foliaire (taux d'application suggérés)

CULTURE	Solubor (20,5% B)		Concentration maximum
	KG/HA	Volume minimum	
Coquelicot	4-10	1001-2022	% P/V
Tabac	1-4	196-1001	0.5
		GALLONS/ARBRE	% P/V
Cola		0.25	

Application sur le sol (doses d'application suggérées)

CULTURE	Granubor (15% B) Fertibor (15% B)		Solubor (20,5% B)	
	KG/HA		KG/HA	L/HA
Coton	3-14		2-10	46-196
Chanvre de Gambo	3-7		2-4	37-102
Fibre de sisal	3-10		2-7	37-140

Foliar Application (Suggested Rates of Application)

CULTURE	Solubor (20,5% B)	Volume minimum	Concentration maximum
	KG/HA	L/HA	% P/V
Coton	2-10	495-2011	0.5

Cultures de fibres

Coton

(*Gossypium spp.*)

Bien que les symptômes graves de carence en bore ne soient pas fréquents, une carence en B sans l'apparition de symptômes visibles sur le feuillage et les fleurs peut limiter considérablement le rendement du coton-graine.



Outre la chute des fleurs et des capsules, un grand nombre de symptômes sur les feuilles, les pétioles, les fleurs et les capsules ont été décrits. Cependant, il ne faut pas s'attendre à voir tous les symptômes en même temps dans un champ donné.

L'un des symptômes les plus caractéristiques est le développement de bandes (souvent excessivement poilues) sur les pétioles. La moelle de ces régions est nécrosée. L'apex végétatif meurt souvent et de nombreuses branches latérales, qui ont des entre-nœuds courts et des nœuds élargis, se développent ensuite. Les feuilles, qui ne présentent généralement pas de malformation, restent vertes jusqu'au premier gel. Dans les cas de carence extrêmement sévère, le développement excessif et anormal des veines se traduit par un gauchissement de la feuille et par des formes irrégulières de la feuille.

Les pétales sont souvent froissés et déformés. Une chute excessive des boutons ou des jeunes capsules se produit. La décoloration des nectaires extra-floraux est fréquente. Des fissures peuvent se développer sur les tiges, à la base des boutons ou des capsules, et il peut y avoir une certaine exsudation.

Chanvre de Gambo

(*Hibiscus cannabinus*)

Aux premiers stades, les pousses sont vert foncé et les jeunes feuilles peuvent être malformées. La nervure centrale et les nervures principales se nécrosent, ce qui entraîne une courbure de la feuille vers l'arrière. Finalement, les jeunes feuilles ne se développent plus et les pousses dépérissent. L'affaissement du pétiole, causé par une nécrose interne, peut entraîner la mort de feuilles par ailleurs normales. La croissance des racines est réduite et les racines sont courtes et sombres avec des extrémités épaisses.

Fibre de sisal

(*Agave sisalana*)

Les premiers signes de carence en B sont des taches jaunes, plus nombreuses près de l'extrémité, sur les deux faces de la feuille. Ils sont suivis par la formation dans l'épiderme de dépressions ramifiées en forme de doigts à partir du bord de la feuille, qui peuvent ensuite devenir subérisées. Dans les expériences de culture sur sable, l'extrémité de la feuille peut être crochue et l'épine foliaire absente ou réduite à un poil blanc. En cas de carence grave, le point de végétation se désorganise et les feuilles sont courtes, étroites, tordues et parfois fendues. Les plantes ont un aspect aplati. Les plantes déficientes en bore peuvent être plus sujettes à la *Fusariose*.

Fleurs et plantes ornementales

Aréquier

(*Chrysalidocarpus lutescens*)

Les feuilles les plus anciennes présentent une chlorose mouchetée qui commence aux extrémités. D'étroites stries chlorotiques transversales se développent entre les nervures et les stries fusionnent pour former des lésions nécrotiques. Les feuilles les plus jeunes et le point de végétation finissent par mourir.

Azalée

(*Rhododendron spp.*)

Des mouchetures brunes, qui deviennent translucides, sont les premiers signes de carence en B et sont observées sur les jeunes feuilles en croissance. Les feuilles qui se développent plus tard sont déformées et présentent des taches nécrotiques sur les bords. Les points de végétation apicaux dépérissent.

Bégonia

(*Begonia spp.*)

Les apex végétatifs et les feuilles présentent un état de rosette avec un cloquage de l'extrémité des feuilles, qui devient plus tard nécrotique. La croissance est généralement ralentie. Le bulbe présente des plaques ou des nodules liégeux.

Œillet

(*Dianthus caryophyllus*)

Une forte incidence de fissuration du calice est généralement le premier signe de carence en B. Les feuilles se fendent aux nœuds et les boutons floraux tombent. Lorsque les bourgeons ne tombent pas, il y a peu de pétales qui se dessèchent et le style est marqué. Des taches rouges, qui se développent le long des nervures centrales des feuilles inférieures, s'étendent ensuite sur toute la feuille et deviennent nécrotiques. Les feuilles ont tendance à être en forme de cuillère avec des extrémités dentelées. Les pousses latérales les plus hautes peuvent avoir un aspect de « balai de sorcière ». L'application de B permet d'augmenter la production totale de fleurs et le rendement des fleurs commercialisables. Lorsque l'apport de B est marginal, le chaulage peut augmenter de façon marquée la division du calice en l'absence d'un apport de B dans l'alimentation liquide ou l'engrais.



Chrysanthème

(*Chrysanthemum spp.*)

Dans les cas légers de carence en B, les pétales ne se déroulent pas correctement et deviennent « ouatés ». Lorsque la carence est grave, les symptômes se manifestent sur les feuilles, qui



sont fragiles et peu espacées. Les feuilles peuvent s'enrouler vers le bas et leurs extrémités peuvent devenir chlorotiques et finir par mourir. Chez les vieux palmiers, la carence en B entraîne un rabougrissement de la tige qui se rétrécit brusquement. Les fleurs et les fruits sont petits et meurent souvent sur les inflorescences rabougries. Les fleurs peuvent perdre un peu de couleur. Lorsque la carence est aiguë, les bourgeons ne s'ouvrent pas correctement. La mort des points de végétation est suivie de la formation de pousses multiples.

Cyclamen

(*Cyclamen spp.*)

Le premier signe de carence en B est le développement de taches jaunes irrégulières sur le limbe, près du pétiole et des nervures principales. Les taches se nécrosent et, dans les cas graves, la feuille meurt.

Dracaena sanderiana

Une nécrose marginale prononcée se développe sur les feuilles, qui ont tendance à être coriaces.

Gardénia

(*Veitchii spp.*)

Les jeunes feuilles sont chlorotiques et des taches nécrotiques se développent. Les nouvelles feuilles sont très plissées et déformées. Les points de végétation finissent par mourir en cas de carence grave en B.

Géranium

(*Pelargonium hortorum*)

Les feuilles deviennent très fragiles et plissées. Les petites lésions qui se développent sur les jeunes feuilles finissent par former des trous.

Gerbera

(*Gerbera*)

Les premiers symptômes apparaissent sur les fleurs, qui sont déformées et portent moins de pétales. La production de pollen est limitée et les stigmates sont absents ou peu développés. Les tiges florales sont courtes et peuvent se fendre.

Ne vous attendez à des symptômes sur les feuilles qu'après avoir vu des symptômes sur les fleurs et lorsque la carence est plus grave. Des signes de chlorose peuvent apparaître et des taches rouges/violettes se développent près du bord et des extrémités des feuilles plus anciennes. Les feuilles plus récentes sont déformées, souvent en coupe, ridées et beaucoup plus épaisses que les feuilles saines.

Glaïeul

(*Gladiolus spp.*)

Les symptômes d'une carence en B sont les suivants : bords des feuilles craquelés (surtout sur les premières feuilles qui apparaissent), stries translucides entre les nervures, extrémités des feuilles crochues et absence d'expansion normale des pétales inférieurs. Les pétales des fleurs sont tachetés et les tiges florales peuvent être creuses, sans moelle normale.

Gloxinia

(*Sinningia speciosa*)

Un noircissement et un flétrissement rapides du feuillage sont suivis de la mort du point de végétation. Le bulbe présente des nodules liégeux.

Caoutchouc des jardins

(*Ficus elastica*)

La carence en bore provoque un rabougrissement et une malformation des petites feuilles immatures ainsi qu'une nécrose du point de végétation terminal. Les jeunes feuilles sont susceptibles de présenter des fentes transversales qui exsudent du latex.

Pied-d'alouette

(*Delphinium spp.*)

La croissance terminale cesse. Les feuilles sont chlorotiques et les extrémités dépérissent. Les tiges sont courtes.

Capucine

(*Tropaeolum majus*)

La croissance du point de végétation terminal, qui est généralement vert foncé, est considérablement réduite. Les feuilles sont petites et déformées.

Poinsettia

(*Euphorbia pulcherrima*)

Les bourgeons, en particulier ceux situés près de l'extrémité, cessent de croître. Les jeunes feuilles terminales sont épaisses et ont tendance à s'enrouler. La nervure centrale de la face inférieure de la feuille peut se fissurer et les bractées, qui se développent lentement, sont anormales.

Pyrèthre

(*Chrysanthemum cinerariaefolium*)

La carence en bore entraîne le développement de fleurs difformes et mal formées avec un dépérissement apical. Les fleurons radiés peuvent être réduits à un tiers de leur longueur normale. Ils ont des extrémités déchiquetées et peuvent être formés sur une partie de la circonférence seulement. Dans certains cas, les fleurons radiés peuvent être complètement absents.

Rose

(*Rosa spp.*)

Les feuilles sont déformées et allongées avec des dentelures irrégulières. La perte de la dominance apicale entraîne une ramification multiple des tiges florales qui sont déformées. Les pétales peuvent avoir des bords dentelés et présenter une pigmentation irrégulière. En cas de carence grave en B, on peut s'attendre à une nécrose des points de végétation et des pousses florifères.

Application sur le sol (doses d'application suggérées)

CULTURE	Granubor (15% B) Fertibor (15% B)	Solubor (20,5% B)	
	KG/HA	KG/HA	L/HA
Œillet	6-14	4-10	102-196
Chrysanthème	3-14	2-10	37-196
Glaïeul	3-14	2-10	37-196
Roses	6-14	4-10	102-196
Fleurs, en général	3-14	2-10	37-196

Application foliaire (taux d'application suggérés)

CULTURE	Solubor (20,5% B)	Volume minimum	Concentration maximum
	KG/HA	L/HA	% P/V
Glaïeul	2	2002	0.1
Roses	4	2498	0.2
Fleurs, en général	2	1001	0.2

Giroflées

(*Matthiola spp.*)

Les points de végétation meurent et les jeunes feuilles sont épaisses et déformées.

Pois de senteur

(*Lathyrus odoratus*)

Les feuilles sont susceptibles de devenir chlorotiques.

Les points de végétation meurent rapidement lorsque la carence est grave.

Tulipes

(*Tulipa spp.*)

Les pétales sont décolorés et présentent souvent une tache blanche centrale ou marginale. La fleur et la tige, qui sont rabougries, se cassent facilement. Le bulbe présente un certain brunissement.

Zinnia

(*Zinnia spp.*)

La carence en bore provoque un plissement et une déformation marqués des jeunes feuilles qui deviennent épaisses et cassantes. Des signes de chlorose peuvent apparaître, qui commencent au bord des feuilles.

Cultures fourragères

Cultures fourragères légumineuses

Outre les besoins normaux en B pour la croissance et le développement, ces plantes ont un besoin particulier en B pour la nodulation et la fixation de l'azote, deux processus qui sont normalement altérés chez les plantes déficientes en B. Comme pour la plupart des plantes, la carence en bore a un effet marqué sur la croissance des racines, ce qui, en soi, est susceptible de réduire la nodulation.

Application sur le sol (doses d'application suggérées)

CULTURE	Granubor (15% B) Fertibor (15% B)	Solubor (20,5% B)	
	KG/HA	KG/HA	L/HA
Luzerne	6-26	4-20	102-402
Trèfles : Alsike, incarnat, Ladino, trèfle des prés et trèfle rampant	6-10	4-6	102-140
Trèfles : Trèfle d'Alexandrie, luzerne polymorphe, trèfle souterrain, mélilot officinal	6-14	4-10	102-196
Graminées herbacées, en général	3-6	2-4	37-102
Chou frisé	6-14	4-10	102-196
Moutarde	6-14	4-10	102-196
Lotier corniculé	6-18	4-12	102-243
Vesce, Alyssum, et commun	6-14	4-10	102-196

Application foliaire (taux d'application suggérés)

CULTURE	Solubor (20,5% B)	Volume minimum	Concentration maximum
	KG/HA	L/HA	% P/V
Luzerne	4-10	1001-2002	0.5
Trèfles : Alsike, incarnat, Ladino, trèfle des prés et trèfle rampant	4-6	1001-1403	0.5
Trèfles : Trèfle d'Alexandrie, luzerne polymorphe, trèfle souterrain, mélilot officinal	4-10	1001-2002	0.5
Chou frisé	4-10	1001-2002	0.5
Lotier corniculé	4-10	1001-2002	0.5

Luzerne

(Medicago sativa)

La carence en bore chez la luzerne, dans sa forme la plus légère, peut facilement passer inaperçue - elle se manifeste par une réduction de la floraison et de la grenaison. Cette légère carence est rarement décelable dans le rendement du foin d'une seule coupe. Cependant, la réduction de la floraison peut retarder la coupe et le résultat est un foin de moins bonne qualité. Au final, la quantité totale de foin peut être réduite.



Les principaux symptômes de la carence en B sont le jaunissement et le rougissement des feuilles supérieures. Au fur et à mesure que la carence se développe, les entre-nœuds de la croissance supérieure deviennent progressivement plus courts et les branches latérales courtes contribuent à donner à la plante un aspect « en rosette ». À ce stade, le point de végétation devient inactif ou meurt.

La carence en bore est étroitement associée au stress hydrique et à la sécheresse. Le jaunissement de la luzerne causé par la carence en B est souvent confondu avec les dommages causés par la sécheresse. La floraison est souvent réduite et les fleurs tombent avant de produire des graines. Les symptômes de la carence en bore sont contrastés par rapport aux lésions de la cicadelle, à la carence en potassium et à certaines maladies, qui provoquent le jaunissement des feuilles inférieures et supérieures. Dans le cas d'une carence en bore, le jaunissement se limite aux feuilles supérieures et ne se produit pas de manière aléatoire, comme c'est le cas pour les lésions dues à la cicadelle.

Chiendent pied-de-poule

(Cynodon dactylon)

Le symptôme le plus courant de la carence en B est la diminution des rendements fourragers, surtout lors des coupes de la fin du printemps et du début de l'été, lorsque les conditions météorologiques sont chaudes et sèches.

Cenchrus cilié

(Cenchrus ciliaris)

Les feuilles nouvellement émergées ne se déroulent pas. Elles restent blanches, se flétrissent, puis dépérissent à partir de l'extrémité. L'extrémité des feuilles plus anciennes peut également dépérir. Les bords des feuilles peuvent se fissurer et des stries blanches, qui se confondent, se développent souvent entre les nervures. Les plantes sont probablement rabougries, mais on ne s'attend pas à une réduction du tallage.

Trèfles

La production de semences semble particulièrement sensible à la carence en B. Les cultures qui ne présentent pas de symptômes évidents ou dont la croissance n'est que légèrement améliorée par les applications de B peuvent répondre de manière spectaculaire aux applications de B pendant l'année de production des semences.

Le bore est nécessaire à la bonne germination du pollen et à la croissance des tiges. Il est également prouvé que l'augmentation de la sécrétion de nectar (et peut-être la modification des fleurs) provoquée par l'application de B peut augmenter le nombre d'abeilles qui travaillent sur les fleurs de trèfle et ainsi améliorer la grenaison.

Trèfle Alsike

(Trifolium hybridum)

Les tiges sont rabougries. Les folioles sont susceptibles de montrer un jaunissement interveineux et ont souvent un aspect ressemblant au bronze, les veines demeurant vert foncé. Les feuilles à l'extrémité des pousses sont mal formées. Les tiges florales sont courtes et peu d'inflorescences sont susceptibles de se développer. La germination du pollen et la croissance des tiges sont faibles lorsque le pollen ou le pistil est déficient en B.

Luzerne polymorphe

(Medicago hispida)

Les plantes sont de taille réduite et les jeunes feuilles près des points de végétation sont tordues, épaissies et enroulées sur les bords des feuilles.

Trèfle incarnat

(Trifolium incarnatum)

Le trèfle incarnat est considéré, tout comme la luzerne et le trèfle d'Alexandrie (*T. alexandrinum*), comme très sensible à la carence en B. Les symptômes de la carence en B sont très similaires à ceux des autres trèfles, à savoir un rabougrissement et éventuellement une malformation des jeunes feuilles et des pousses, avec des teintes rouges et jaunes sur les feuilles.

Trèfle rouge

(Trifolium pratense)

Si la carence en B se produit sur de très jeunes plantules, la première feuille trifoliée est petite et de forme imparfaite. Les jeunes feuilles sont petites et déformées, et les points de végétation finissent par mourir. Les feuilles prennent des teintes rouges et violettes (parfois à la suite d'une chlorose générale). Les couleurs sont généralement plus prononcées sur la face inférieure de la feuille. Les bords des feuilles peuvent se nécroser. Des teintes rouges peuvent apparaître sur les feuilles monophylles plus anciennes. Sur les plantes âgées, la croissance est progressivement ralentie et les tiges sont souvent gonflées et épaissies près des points de végétation.

Trèfles (suite)

Trèfle souterrain

(*Trifolium subterraneum*)

Les symptômes apparaissent d'abord sur les jeunes feuilles qui sont chlorotiques, rabougries et déformées. Les feuilles plus anciennes présentent généralement une pigmentation violette ou rouge intense le long de leurs bords. La croissance des tiges est réduite. La grenaison et la qualité des semences peuvent être altérées, ce qui entraîne une mauvaise régénération.

Mélilot officinal

(*Melilotus spp.*)

Les feuilles deviennent rouges, puis jaunes. La croissance est lente et retardée.

Trèfle rampant

(*Trifolium repens*)

Si la carence en B se produit sur de très jeunes plantules, la première feuille trifoliée est petite et de forme imparfaite.

Des teintes rouges peuvent se développer sur les feuilles unifoliées plus anciennes. Sur les

plantes plus anciennes, la croissance est progressivement ralentie et les tiges sont souvent gonflées et épaissies près des points de végétation. Les jeunes feuilles sont petites et déformées, et les points de végétation finissent par dépérir. Les feuilles prennent des teintes rouges et violettes (parfois à la suite d'une chlorose générale). Les couleurs sont généralement plus prononcées sur la surface inférieure de la feuille. Les bords des feuilles peuvent se nécroser.



Chou frisé

(*Brassica oleracea var. acephala*)

Les feuilles du chou frisé déficient en B sont frisées, enroulées et quelque peu chlorotiques ou tachetées, en particulier sur les bords des feuilles. Le point de végétation dépérit en cas de carence grave et il est remplacé par des pousses latérales. Des zones brunes et imbibées d'eau peuvent apparaître dans la moelle de la tige qui peut également être creuse.

Leucaena leucocephala

et les jeunes feuilles sont épaisses et vert foncé. Le rachis penche vers le bas. Les pinnules sont étroites et de taille inégale. On peut s'attendre à un certain développement axillaire. Les racines sont de couleur foncée, rabougries et présentent peu de ramifications.

Lotononis bainesii

Les jeunes feuilles sont épaisses et vert foncé avec les folioles latérales difformes et de taille inégale. Les folioles sont recourbées vers l'arrière. Chez les feuilles plus âgées, des

signes de chlorose veineuse peuvent apparaître, suivis d'une perte de turgescence. Bon nombre de nouvelles pousses, mais malformées, sont susceptibles de se former. Les feuilles peuvent présenter une pigmentation rouge autour des bords. La croissance des racines est ralentie, elles sont épaisses et de couleur foncée.

Moutarde

(*Sinapis alba*)

Les plants de moutarde déficients en bore sont nains et ont des feuilles rugueuses qui roulent vers le bas à partir de l'extrémité. Les feuilles peuvent présenter un jaunissement marginal qui se développe parfois sur toute la surface de la feuille. Le nombre de pédoncules floraux est réduit et une chute soudaine des pétales peut se produire. Le développement de pousses latérales à partir de l'axe de la feuille la plus ancienne est courant.

Neonotonia wightii

Aux premiers stades, les feuilles et les pousses sont vert foncé. Les feuilles sont épaisses et étroites et peuvent être malformées, les deux folioles latérales étant de taille et de forme inégales. Lorsque la carence est grave, l'extrémité de la pousse se nécrose et la croissance secondaire commence. Chez les plantes plus âgées, une carence légère se manifeste par des teintes jaunes et orange sur les feuilles supérieures.

La croissance des racines est réduite, il y a peu de ramification, et les extrémités des racines sont brunes et bulbeuses.

Herbe de Guinée

(*Panicum maximum*)

Les points de végétation meurent, provoquant un rabougrissement et un tallage excessif. Les feuilles sont courtes et vert foncé. Des stries blanches se développent près du bord des feuilles, parallèlement aux nervures.

Paspalum

(*Paspalum dilatatum*)

Des stries blanches se développent sur les plus jeunes feuilles des plantes déficientes en B. Les bords des feuilles ont tendance à s'enrouler vers l'intérieur et les limbes foliaires sont rabougris. Finalement, les points de végétation meurent et on observe une augmentation du tallage.

Sétaire vivace

(*Setaria sphacelata*)

Les entrenœuds courts et les gaines foliaires donnent lieu à une grappe de feuilles au sommet de chaque talle. Les points de végétation de certaines talles de chaque plante meurent. Lorsque des épis se développent, ils n'émergent généralement pas complètement.

Phaseolus atropurpureus

Les symptômes apparaissent d'abord sur les feuilles les plus jeunes, qui sont vert foncé, épaisses, turgescents et cassantes. Les nouvelles pousses secondaires sont également susceptibles

d'être affectées. Les racines sont brunes et leurs extrémités sont gonflées.

Herbe de Rhodes

(*Chloris gayana*)

Des stries blanches se développent entre les nervures, en particulier près des bords des feuilles, sur les plus jeunes feuilles des plantes déficientes en B. Les feuilles ont tendance à s'enrouler vers l'intérieur. Au fur et à mesure que la carence s'aggrave, des zones blanches plus grandes et plus nombreuses se développent et les nouvelles feuilles se flétrissent et meurent peu après l'émergence. Le tallage augmente et on peut s'attendre à la mort de certains des points de végétation.

Luzerne de Townsville

(*Stylosanthes humilis*)

Les plantes déficientes en bore sont procombantes et ont des tiges épaisses vert foncé et des entrenœuds courts. Les jeunes feuilles peuvent avoir une chlorose internervaire irrégulière et présenter quelques teintes rouges et jaunes.

Les nouvelles feuilles et les feuilles récemment développées sont souvent de couleur presque normale, mais elles sont déformées, avec des folioles de taille inégale.

Lotier corniculé

(*Lotus corniculatus*)

Les symptômes sont très similaires à ceux décrits pour *T. repens* (trèfle rampant) et *T. pretense* (trèfle rouge).

Cultures de fruits et de noix

Acérola

(*Malpighia puniceifolia*)

La croissance est retardée. Les feuilles présentent une chlorose apicale qui se nécrose. La production de fruits risque d'être fortement limitée.

Amande

(*Prunus amygdalus*)

Les jeunes branches dépérissent à partir de l'extrémité et le développement de pousses à partir de la base de la branche donne un effet « balai de sorcière ». On peut s'attendre à un mauvais développement des amandes et à une chute prématurée. Les noix deviennent jaunâtres et peuvent ensuite noircir. Des zones gélatineuses brunes dans les noix peuvent s'extruder à la surface.

Groseille de Ceylan

(*Embllica officinalis*)

Une nécrose des fruits a été associée à une carence en B. Le tissu du mésocarpe devient brun et éventuellement le tissu affecté s'étend à la surface du fruit, ce qui donne des zones sombres.

Pomme

(*Malus sylvestris*)

La carence en bore provoque des craquelures et des symptômes comme la formation de liège externe sur les fruits. Cela peut se produire même si le feuillage ne présente aucun symptôme, comme la croissance en rosette des feuilles épaisses et cassantes et le dépérissement des points de végétation.



Les fruits tombent prématurément et la qualité des fruits peut être fortement altérée par la formation du liège. Lorsque le liège interne se développe tôt dans la saison, les fruits affectés sont considérablement déformés.

Dans les cas graves, des zones mortes apparaissent dans l'écorce des jeunes branches (rougeole du pommier). L'écorce peut être rugueuse et craquelée. Une carence en bore peut affecter la translocation du calcium dans l'arbre et, de cette façon, le bore peut être associé aux « taches amères ».

Abricot

(*Prunus armeniaca*)

Le fruit présente des fissures importantes, un durcissement interne (en particulier autour du noyau) et une tendance au mûrissement prématuré au centre. Des zones séchées brunes peuvent également apparaître à la surface du fruit. Les feuilles sont étroites, cassantes et souvent enroulées sur les bords. Le dépérissement des branches se produit.

Avocat

(*Persea americana*)

Le manque de B peut provoquer une mort progressive des points de végétation apicaux et axillaires, les feuilles sont déformées, quelque peu froissées, souvent lancéolées, et présentent des plaques nécrotiques, des fruits malformés, des taches nécrotiques sur les fruits et les graines, des tissus de tige spongieux, une mauvaise nouaison due à une mauvaise élongation des tubes polliniques, la nervure médiane et les nervures principales de la face inférieure des feuilles se fendent fréquemment et deviennent subérisées. Les jeunes rameaux peuvent gonfler et présenter des poches internes liégeuses.



Des recherches ont montré que l'ajout de B dans les avocats affectés par une carence en B peut augmenter le rendement, accroître la qualité des fruits produits et renforcer le développement des racines.

Banane

(*Musa spp.*)

L'expansion incomplète et le dépliage de la plus jeune feuille est probablement le symptôme le plus typique d'une carence en B. Dans les cas très graves, on observe une chlorose internervaire et une malformation des feuilles. Les feuilles peuvent être étroites, enroulées et incomplètement développées. Le développement des drageons risque d'être très faible.



La carence en bore se traduit d'abord par le développement de petites stries chlorotiques alignées perpendiculairement aux nervures primaires du limbe et les traversant. Au fur et à mesure que la carence s'aggrave, les stries chlorotiques deviennent plus longues et plus concentrées, s'étendant finalement à travers la feuille et, dans certains cas, apparaissant comme de légères protubérances sur la surface inférieure.

Des stries foliaires ont été enregistrées dans des cas de carence en B. Cependant, ces stries s'unissent généralement pour former des taches, qui finissent par devenir de grandes taches nécrotiques. La carence en bore se distingue de la carence en soufre par l'absence de taches nécrotiques et l'apparition de feuilles malformées.

Un noircissement au centre de la pulpe du fruit a été observé dans des expériences de culture sur sable. En plein champ, la présence de dépôts gélatineux de couleur ambrée (principalement vers l'extrémité de la fleur) a également été associée à une carence en B.

Mûre

(*Rubus spp.*)

Les apex végétatifs cessent de croître. De nombreuses branches courtes se développent sous les extrémités.

Myrtille

(*Vaccinium spp.*)

Des symptômes similaires de carence en B ont été décrits pour *V. corymbosum* (airelle en corymbe) et *V. angustifolium* (airelle à feuilles étroites). Le premier signe est le développement de petites lésions nécrotiques associées aux nervures des plus jeunes feuilles non déployées. Les lésions fusionnent, provoquant l'enroulement de la feuille vers l'arrière. Ce phénomène est suivi d'un dépérissement des extrémités et du développement de nouvelles pousses. La chute des feuilles est probable et les feuilles inférieures restantes deviennent bleu-vert foncé. Les entrenœuds sont courts.

Anacardier

(*Anacardium occidentale*)

Le premier signe de carence en B est le gonflement de la section terminale de la tige, qui est suivi d'une nécrose de la tige dans la même région. Des taches nécrotiques peuvent apparaître au hasard sur la surface des feuilles. Les feuilles les plus jeunes ont tendance à être déformées, étroites et enroulées. Lorsque la carence est sévère, le point de végétation dépérit et des pousses axillaires se développent.



Chérimole

(*Anona cherimolia*)

Les feuilles sont dures, épaisses et ont tendance à se plier en arrière. Au départ, les feuilles sont vert foncé mais elles présentent ensuite une chlorose irrégulière vers l'arrière. Les feuilles sont initialement vert foncé, mais elles présentent ensuite une chlorose irrégulière. La croissance longitudinale s'arrête et les points de végétation meurent. Les pousses latérales dépérissent également.

Cerise

(*Prunus cerasus*)

Les fruits des cerisiers déficients en B ont une peau chlorotique pâle qui peut se rompre. Des taches grises se développent sur les fruits. Les feuilles sont petites, en forme de coupe, et souvent jaunes avec des nervures rouges. Les bords des feuilles sont ondulés. Le dépérissement des branches, qui est particulièrement évident au printemps, est suivi par le développement de pousses plus basses donnant lieu à une ramification excessive connue sous le nom de « balai de sorcière ». Les fleurs ne se développent pas.

Agrumes

(*Citrus spp.*)

Les symptômes foliaires de la carence en B sur les agrumes ne sont pas très caractéristiques. Une carence suspectée sur la base des symptômes foliaires doit être confirmée par les symptômes visibles sur les fruits.

Les premiers signes apparaissent sur les jeunes feuilles sous forme de taches imbibées d'eau qui deviennent translucides. Les nervures ont tendance à être épaisses, fissurées et quelque peu liégeuses. Les jeunes feuilles se flétrissent, s'enroulent et ont une couleur brun-vert terne sans aucun éclat. Le dépérissement des extrémités des feuilles est fréquent. Un exsudat gélatineux peut apparaître sur les rameaux et les pédicelles des fruits.



Application sur le sol (doses d'application suggérées)

CULTURE	Granubor (15% B) Fertibor (15% B)	Solubor (20,5% B)	
	KG/HA	KG/HA	L/HA
Amande	18-36	14-30	300-598
Banane	13-24	10-20	196-402
Mûre	6-13	4-10	103-196
Myrtille	3-13	2-10	37-196
Anacardier	6-13	4-10	103-196
Groseille	6-13	4-10	103-196
Figue	6-13	4-10	103-196
Raisin	13-45	10-34	196-705
Ananas	6-13	4-10	103-196
Banane plantain	13-36	10-30	196-598
Framboise	6-25	4-20	103-402
Fraise	3-6	2-4	37-103
	GRAMMES/ARBRE	GRAMMES/ARBRE	ML/ARBRE
Pomme	3.5-12.4	70-250	1478-5027
Abricot	3.5-7.1	70-138	1478-2957
Avocat	2.5-7.1	51-150	1005-2957
Cerise	3.5-8.8	70-178	1478-3548
Agrumes	1.4-3.5	31-70	502-1478
Papaye	0.1-0.4	3-8.5	118-236
Pêche	2.5-3.5	51-70	1005-1478
Poire	3.5-12.4	70-250	1478-5026
Prune	3.5-7.1	70-138	1478-2957
Noix de grenoble (>10 ans)	jusqu'à 75	jusqu'à 26.5	

Application foliaire (taux d'application suggérés)

CULTURE	Solubor (20,5% B)	
	% P/V	L/HA
Pomme	0.20	1001-2002
Banane	1.0	505-1001
Cerise	0.25	1001-2002
Agrumes	0.25	1001-2002
Raisin	0.25	2002-4004
Papaye	0.3	1001-2002
Pêche	0.25	1001-2002
Poires	0.25	1001-2002
Ananas	0.25	2002-4004
Prune	0.25	1001-2002

Les fruits, qui sont petits, se ratatinent et deviennent durs sur l'arbre. Ils présentent de manière caractéristique une formation de gomme interne, généralement dans l'albédo mais aussi dans la moelle. Normalement, les taches de résine ne sont visibles que si le fruit est coupé. Cette caractéristique permet de distinguer la carence de la maladie de l'impetratura des agrumes. L'écorce est épaisse et le fruit ne contient que très peu de jus.

Une chute excessive des jeunes fruits se produit, entraînant de très mauvais rendements. Cela peut être le premier signe d'un problème de B. Les graines sont probablement sous-développées et le tégument est foncé et ratatiné.

Groseille, rouge

(Ribes sativum)

Le principal symptôme est le racornissement et le noircissement des pétioles et du limbe des feuilles les plus jeunes. Les feuilles voisines sont bordées de bandes brun clair.

Palmier dattier

(Phoenix dactylifera)

Les points de végétation dépérissent et finissent par mourir, les feuilles les plus jeunes devenant nécrosées.

Figues

(Ficus carica)

L'apex végétatif cesse de se développer, suivi par l'apparition de nombreuses branches axillaires juste derrière l'extrémité. Les feuilles sont chlorotiques, nécrosées près des bords et déformées. Les entre-nœuds sont courts.

Raisin

(Vitis vinifera)

La carence en bore réduit la nouaison avec des grappes de petites baies sans pépins et des grappes de baies de taille variable - « poules et poussins ». Dans les cas graves, aucun fruit normal ne se développe. Les jeunes feuilles présentent une chlorose internervaire, et lorsque la carence est grave, elles peuvent être déformées. Les entrenœuds sont courts et les points de végétation finissent par mourir.



Papaya

(Carica papaya)

L'un des premiers signes de la carence en bore est une légère chlorose des feuilles matures, qui sont fragiles et susceptibles de se recourber vers le bas. Un exsudat de « latex » blanc peut s'écouler des fissures de la partie supérieure



du tronc, des pétioles des feuilles et de la face inférieure des nervures principales et des pétioles. La mort du point de végétation est suivie d'une régénération des pousses latérales qui finissent par mourir.

Chez les plantes à fructification, le signe le plus précoce est la chute des fleurs. Lorsque les fruits se développent, ils sont susceptibles de sécréter un latex blanc. Plus tard, les fruits deviennent déformés et grumeleux. La déformation est très probablement le résultat d'une fertilisation incomplète car la plupart des graines dans la cavité du fruit sont soit avortées, soit peu développées, soit absentes. Si les symptômes apparaissent lorsque les fruits sont très petits, la plupart n'atteignent pas leur taille définitive.

Pêche

(Prunus persica)

Les symptômes typiques de la carence en B sont des feuilles petites, épaisses, difformes et cassantes, portées par des branches aux entre-nœuds courts. Un dépérissement aqueux est suivi d'une ramification excessive.

Les veines et les nervures médianes sont prononcées et sont souvent liégeuses et de couleur rouge. L'écorce peut se fendre et présenter des lenticelles prononcées. La nouaison est réduite. Les fruits sont souvent petits et anormaux, avec des taches nécrotiques internes et parfois sans graine. Les fruits peuvent se fendre.

Les pêches sont particulièrement sensibles à l'excès de bore. La chute des bourgeons et des fleurs peut être causée par la toxicité du bore.

Poire

(Pyrus communis)

Les fruits deviennent difformes et du liège se développe sous les grandes dépressions. Les feuilles supérieures sont petites et en forme de coupe. Les petites branches dépérissent à mesure que la carence s'aggrave.

Noix de pécan

(Carya illinoensis)

De petites zones imbibées d'eau se forment sur des feuilles autrement normales. Ces zones deviennent violacées, puis brun rougeâtre. Au fur et à mesure que la carence s'aggrave, d'autres taches apparaissent, mais elles ne fusionnent pas. Les feuilles inférieures du rachis se développent normalement, mais les feuilles distales deviennent petites. Les entre-nœuds sont courts et les points de végétation dépérissent.

Ananas

(*Ananas comosus*)

Le manque de B peut entraîner des fruits malformés, un noyau cassé, la séparation et la fissuration des fruits, une mauvaise nouaison et une teneur en sucre réduite.

Peu de symptômes foliaires ont été signalés. Dans les cas très graves, le point de végétation peut mourir, suivi d'un développement abondant de pousses latérales et de drageons. La croissance des racines est faible. Les racines principales peuvent être brunes et peu de racines fibreuses sont produites. La carence est plus prononcée sur la repousse que sur la culture de la plante.

Des recherches ont montré que l'ajout de B dans les ananas affectés par une carence en bore peut augmenter le rendement, accroître la qualité des fruits produits et renforcer le développement des racines et des boutures. Le bore s'est également révélé bénéfique lors de l'ajout d'éthéphon pour induire la floraison.

Prune

(*Prunus domestica*)

On peut s'attendre à un dépérissement des pointes et à une chute des feuilles, en particulier sur les branches supérieures, mais les principaux symptômes de la carence en B apparaissent sur les fruits. Des zones brunes creuses apparaissent dans la chair et parfois des poches de gomme se forment également. Il se produit une ramification multiple qui est proéminente au sommet des arbres. La floraison est rarement affectée par la carence en B, mais comme de très nombreuses fleurs ne se développent pas, il y a généralement une réduction considérable de la fructification.

Framboise

(*Rubus idaeus*)

Le manque de développement normal des tiges fruitières au printemps est l'un des premiers signes de carence en B. La mort des bourgeons sur les tiges et l'absence de production de ramifications normales donnent l'impression que le buisson souffre d'un « dépérissement ». La production de baies dans ces plantes est susceptible d'être considérablement réduite.

Les bourgeons qui se développent sont susceptibles de présenter des feuilles déformées avec une certaine nécrose des bords et des pétioles anormalement grands. Une nécrose de la moelle se produit. Dans les bourgeons moins gravement atteints, les feuilles sont petites, minces et profondément dentelées, donnant un aspect « plumeux ». Les feuilles se gondolent également. Le manque de développement des vieilles tiges entraîne souvent une profusion de nouvelles tiges à la base des plantes, qui porteront généralement des feuilles relativement normales.

Fraise

(*Fragaria spp.*)

Le premier symptôme apparaît sur les jeunes feuilles sous forme de nécrose de l'extrémité. Ces feuilles sont susceptibles d'être difformes (souvent « en équerre »), en coupe et de taille réduite. De nombreux petits bourgeons latéraux peuvent se former dans le houppier, mais leur développement est très limité. Les stolons deviennent progressivement plus rabougris avec de petites feuilles chlorotiques déformées. La carence en bore provoque également une déformation des fruits, probablement due à une fertilisation incomplète. Les fruits peuvent se fendre avant de mûrir et des taches liégeuses peuvent se développer. La chair a une texture de cuir. Aux derniers stades, les fleurs ne donnent pas de fruits.

Noix de Grenoble

(*Juglans regia*)

De grandes taches nécrotiques, irrégulières, se développent entre les nervures, en particulier sur les folioles terminales. Lorsque la carence est grave, les feuilles sont tordues et les nervures sont très proéminentes. Le dépérissement des extrémités des pousses donne lieu à des branches sans feuilles très visibles. Les noix ne prennent pas correctement et on peut s'attendre à une réduction marquée du rendement. Les noyers n'ont généralement pas besoin de B avant d'avoir atteint l'âge de porter des fruits (12 ans).

Cultures oléagineuses

Canola

(*Brassica napus var. oleifera*)

Le canola (huile de colza), comme tous ses parents de la famille Brassica, a un besoin très élevé en B et est gravement affecté par la carence en B. La production de graines de colza dépend de façon critique du B - à tel point que les rendements en grains ont été doublés lorsque 2 livres de B par acre ont été appliquées à des champs de colza qui ne présentaient aucune anomalie visible.

Le canola a besoin de plus de B à tous les stades de croissance - végétatif et floraison - que la plupart des autres cultures. Bien que la carence en B puisse affecter de façon marquée la croissance végétative, il est plus habituel de constater que les rendements sont réduits même lorsque les plantes ne présentent pas de symptômes évidents. Cela est probablement dû au fait que le B est nécessaire à la pollinisation et qu'une légère carence peut entraîner une mauvaise grenaison, même si des gousses sont formées. Les zones nécrotiques brunes qui se forment dans la moelle de la tige peuvent être l'un des premiers signes de la carence en B.

Lorsque la carence est grave, les nouvelles feuilles sont très déformées ; elles peuvent avoir des pétioles fissurés et être recourbées. L'élongation de la tige sera limitée, les plantes seront rabougries, et finalement le point de végétation peut mourir. Les ramifications peuvent être excessives.

Noix de coco

(*Cocos nucifera*)

Les malformations des feuilles causées par la carence en B ont été observées pour la première fois dans les années 1960. Elles se manifestent par les feuilles les plus jeunes et sont plus ou moins identiques à celles que l'on trouve chez les palmiers à huile.



Les symptômes, par ordre croissant de gravité, sont les suivants :

1. Fusion des pennes terminales sur la fronde
2. « Crochet » ou « feuille baïonnette » dans lequel les pennes sont pliées en un crochet double ou simple près de l'extrémité.
3. Développement des frondes avec des pennes très courtes sur un ou deux côtés du rachis.
4. Dans les cas les plus graves, la fronde se développe sans aucune penne.

Les deux premiers symptômes sont les plus courants. Parfois, le point de végétation apical dépérit.

Le premier signe de carence en B sur des noix de coco de 1 an est le développement de petites taches chlorotiques sur les jeunes feuilles, les taches étant orientées symétriquement par rapport aux nervures principales de la feuille. Ces symptômes de carence en B sur les très jeunes palmiers ressemblent étrangement à ceux des jeunes palmiers à huile.

Moutarde indienne

(*Brassica juncea*)

Les jeunes feuilles se déforment et s'enroulent. Elles sont généralement rugueuses, épaisses et coriaces. Les points de végétation meurent et des pousses axillaires se développent, qui deviennent elles-mêmes moribondes et meurent. Dans les cas graves, les boutons de fleur se détachent prématurément et les fleurs qui se forment sont probablement malformées. Dans les cas moins graves, la grenaison est limitée.

Graines de lin

(*Linum usitatissimum*)

Les jeunes feuilles sont chlorotiques et, en cas de carence grave, les points de végétation finissent par mourir et des pousses se développent à partir de nombreux nœuds. La croissance est généralement réduite et les tiges peuvent être épaisses, tordues et éventuellement en faisceau. L'extrémité des pousses jaunit, se flétrit et meurt. Chez les plantes âgées, la partie supérieure peut être affectée alors que la partie

inférieure reste saine. Le rendement en graines et en paille est réduit et la fibre peut être de mauvaise qualité. Le lin déficient en bore semble plus sensible au *Fusarium* que le lin sain. Les racines sont sombres et courtes lorsque la carence est sévère.

Palmier à huile

(*Elaeis guineensis*)

Les points de végétation finissent par mourir en cas de carence grave en B. La « feuille crochet », qui consiste en un crochet simple ou double sur les pennes près de l'extrémité, et les ondulations transversales sur les pennes sont généralement les premiers symptômes à apparaître.



La fasciation, un schéma de croissance aplati en éventail et l'incapacité des pennes à s'étendre sont associés à une carence en bore plus grave. Les tissus foliaires sont fragiles et les folioles se brisent facilement, ce qui entraîne l'éclatement des folioles. Dans le cas de la « feuille aveugle », autre symptôme de la carence en bore, les pennes se développent de manière incomplète sous la forme d'une touffe de poils à l'extrémité de la fronde. Une carence en bore très grave entraîne l'apparition de la « feuille en arête de poisson », identifiée par des pennes extrêmement petites et minces. La dégradation du point de végétation se traduit par une pourriture sèche du cœur comme dernier symptôme caractéristique.

Sur les jeunes plantules, il y a quelques signes de carence en bore. Le feuillet vert foncé est parsemé de stries et de points blancs, qui deviennent plus prononcés sur les feuilles plus âgées. Les plantules ont tendance à montrer des tendances juvéniles, la feuille bifurquée restant entièrement non développée.

Olive

(*Olea europaea*)

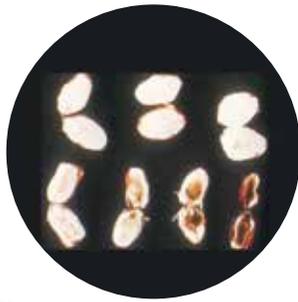
La carence en bore entraîne la chute des feuilles et la mort des branches dans les parties supérieures de l'arbre. Des pousses secondaires se développent à la base des branches mortes, et le nombre de drageons dans la partie inférieure du tronc augmente. Les feuilles présentent un brunissement apical distinct qui peut s'étendre jusqu'aux deux tiers de la feuille tandis que le reste de la feuille conserve une couleur verte normale. Par la suite, les feuilles peuvent devenir complètement jaunes, puis prendre une couleur brun tanné à partir de la cime. En cas de carence légère en bore, certains fruits peuvent mûrir normalement, mais la plupart tombent prématurément ou deviennent déformés et liégeux. Lorsque la carence en bore s'aggrave, l'olivier devient de moins en moins productif et peut finir par mourir.



Arachide

(*Arachis hypogaea*)

Les symptômes de la carence en B sont particulièrement évidents dans les noix et ne sont pas fréquemment trouvés sur le feuillage dans les conditions réelles. Bien que les effets sur le rendement puissent être légers, la carence peut réduire considérablement la qualité de la culture et le rendement des arachides commercialisables. Le principal symptôme est un assombrissement creux d'une zone de couleur anormale au centre du cotylédon. La dépression peut varier de peu profonde et légèrement colorée à profonde et brun foncé selon la gravité de l'affection. Des fissures peuvent également se développer sur les gousses.



Le premier signe de carence en B sur les feuilles typiquement vert foncé est le développement de zones imbibées d'eau qui donnent aux feuilles un aspect tacheté. Une ramification

secondaire prolifique se produit sur les courtes tiges ligneuses après le dépérissement des points de végétation terminaux. Lorsque la carence en bore est moins sévère, les fleurs ne sont pas suivies du développement des fruits, peut-être à cause de tubes polliniques qui ne se développent pas correctement. Lorsque la carence en bore est extrêmement grave, les fleurs ne se développent pas.

Soja

(*Glycine max*)

Le soja est considéré comme ne réagissant pas au B. En outre, le soja semble être sensible à la toxicité du B, en particulier lorsque le bore est appliqué sur les feuilles. Cependant, les réductions de rendement n'accompagnent pas nécessairement les taches foliaires et les nécroses marginales causées par une accumulation excessive de B.



Application sur le sol (doses d'application suggérées)

CULTURE	Granubor (15% B) Fertibor (15% B)		Solubor (20,5% B)	
	KG/HA		KG/HA	L/HA
Moutarde indienne	3-6		2-4	103-346
Graine de lin	3-10		2-6	140-346
Colza oléagineux	6-16		4-12	103-243
Arachide	2-3		1-2	19-346
Soja	3-6		2-4	37-103
Tournesol	6-20		4-14	103-300
Tung	6-14		4-10	103-196
	GRAMMES/ARBRE		GRAMMES/ARBRE	
Noix de coco	31-80		23-70	118-473
Palmier à huile	60-240		40-158	295-798
Olive	100-371		70-270	473-1626

Application foliaire (taux d'application suggérés)

CULTURE	Solubor (20,5% B)	Volume minimum	Concentration maximum
	KG/HA	L/HA	% P/V
Colza oléagineux	4-11	32-77	1.6
Olive		0.2-0.5	
Arachide	1-2	(appliqué sur une poudre)	
Tournesol	4-15	2002-6006	0.25

Comme pour de nombreuses plantes, le signe le plus précoce de carence en B se produit dans les racines. Les extrémités des racines meurent et de nouvelles racines sont formées donnant un aspect de rosette. De même, la mort du point de végétation des pousses est suivie par le développement prolifique de pousses latérales aux pétioles fragiles.

Tournesol

(Helianthus annuus)

Les symptômes de carence en bore apparaissent d'abord sur les feuilles les plus jeunes qui deviennent progressivement plus petites et malformées. La tige est courte en raison du manque d'extension des cellules de l'entre-nœud. La déformation des inflorescences est fréquente et la grenaison sur le capitule est très inégale, certaines sections du capitule pouvant ne présenter aucune formation de graines. Ce symptôme est associé au besoin en B du tube pollinique. Lorsque la carence est très grave, le point de végétation dépérit et aucune fleur ne se forme.



Tung

(Aleurites spp.)

Les symptômes de carence en B apparaissent d'abord sur les pétioles des jeunes feuilles en développement sous forme d'anneaux vert foncé, qui deviennent ensuite des striures. Les jeunes feuilles sont vert clair et brillantes et le tissu internervaire s'étend plus rapidement que les nervures, ce qui donne aux feuilles un aspect « bouffi ». Les nervures des feuilles peuvent se fissurer et devenir subérisées, les entre-nœuds sont courts et la croissance terminale et l'atérale s'arrête.

Cultures de racines et tubercules

Carotte

(Daucus carota var. sativa)

Sur le terrain, la carence en B provoque généralement une décoloration superficielle de la taille d'une tête d'épingle, juste sous la peau de la carotte. Les zones grisâtres de forme irrégulière ne sont généralement visibles qu'après avoir épluché les carottes à la vapeur et sont généralement éliminées par l'épluchage domestique normal. Une carence grave en B entraîne l'apparition d'autres symptômes. Les racines pivotantes se fendent fréquemment et sont souvent fragiles. Les feuilles peuvent finalement être affectées en prenant une couleur rouge ou jaune et plus tard, juste avant la mort du point de végétation, de très petites feuilles se forment.

Manioc

(Manihot utilissima)

Les plantes sont généralement courtes en raison de la réduction des entre-nœuds. Les jeunes feuilles sont normalement vert foncé, petites et déformées, et portées par des pétioles courts. Les feuilles matures inférieures peuvent être mouchetées de taches grises, brunes ou violettes près de l'extrémité et des bords. De la résine peut exsuder des lésions sur les pétioles. La croissance des racines est supprimée. Le point de végétation finit par mourir.



Daikon

(Raphanus sativus var. longipinnatus)

La racine développe une décoloration noire/brune qui va des feuilles jusqu'au cœur de la racine.



Betterave fourragère

(Beta vulgaris var. vulgaris)

Les symptômes de carence en B des racines et des feuilles sont très similaires à ceux de la betterave sucrière, bien que la fissuration de l'épiderme sur les nervures médianes soit probablement plus fréquente sur la betterave fourragère que sur la betterave sucrière.

Outre la pourriture du cœur caractéristique, la mort et le noircissement des feuilles les plus jeunes, des croûtes et des galles peuvent être trouvées sur les pétioles de la betterave fourragère à faible teneur en B.

Panais

(Pastinaca sativa)

Les jeunes feuilles sont petites et meurent tandis que les feuilles plus âgées présentent un jaunissement marginal suivi d'une roussissure brune. Les pétioles, qui sont épais et rigides, peuvent se fissurer et se recourber.

Pomme de terre

(Solanum tuberosum)

Les symptômes de carence en B sont rarement observés sur la pousse, bien qu'une croissance réduite avec des entre-nœuds courts et des feuilles enroulées ait été signalée.



Application sur le sol (doses d'application suggérées)

CULTURE	<i>Granubor (15% B)</i> <i>Fertibor (15% B)</i>	<i>Solubor (20,5% B)</i>	
	KG/HA	KG/HA	L/HA
Carotte	6-14	4-10	103-196
Manioc	3-6	2-4	37-103
Betterave	6-20	4-14	103-300
Daikon	6-14	4-10	103-196
Betterave fourragère	6-20	4-14	103-300
Panais	6-14	4-10	103-196
Pomme de terre	3-6	2-4	37-103
Betterave rouge	6-20	4-14	103-300
Rutabaga	6-20	4-14	103-300
Betterave sucrière	6-20	4-14	103-300
Chou-navet	6-20	4-14	103-300
Patate douce	3-6	2-4	37-103
Navet	6-20	4-14	103-300

Application foliaire (taux d'application suggérés)

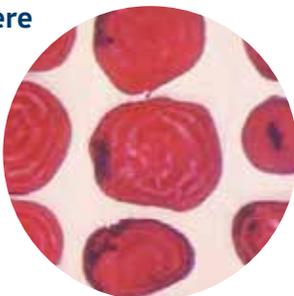
CULTURE	<i>Solubor (20,5% B)</i>	Volume minimum	Concentration maximum
	KG/HA	L/HA	% P/V
Carotte	4-10	1001-2002	0.5
Manioc	2-4	84-2002	0.25
Betterave	4-14	102-598	0.25-5.0
Daikon	4-10	1001-2002	0.5
Betterave fourragère	4-14	102-598	0.25-5.0
Panais	4-10	1001-2002	0.5
Pomme de terre	2-4	402-1001	0.5
Betterave rouge	4-14	321-1001	0.5
Rutabaga	4-10	1001-2002	0.5
Betterave sucrière	4-14	102-598	0.25-5.0
Chou-navet	4-10	1001-2002	0.5
Patate douce	3-6	402-1001	0.5
Navet	4-10	1001-2002	0.5

Les symptômes se manifestent plus facilement dans les tubercules sous forme de plaques nécrotiques brunes. La condition connue sous le nom de « tache de rouille interne » est sensible à l'application de B, mais il reste à prouver si elle est due à une carence en B ou s'il s'agit seulement d'une association indirecte avec le B. La qualité culinaire des tubercules peut être altérée.

Betterave rouge ou potagère

(*Beta vulgaris*)

La carence en bore provoque le développement de taches noires internes. Des zones nécrotiques apparaissent au hasard dans la racine ou à la surface, où les organismes pathogènes peuvent pénétrer et provoquer le développement du chancre. Les zones nécrotiques rendent la betterave impropre à la mise en conserve. Le point de croissance peut mourir et de multiples houppiers se développent.

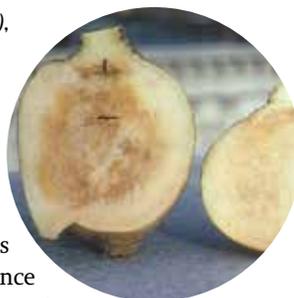


Rutabaga (*Brassica napobrassica*),

Chou-navet (*Brassica rutabaga*)

Navet (*Brassica rapa*)

Des zones brunes et imbibées d'eau se développent dans la racine, normalement dans les régions extérieures du xylème. Ces symptômes sont à l'origine des différentes appellations de la carence en B, telles que « cœur brun », « maladie vitreuse » et « Raan ». Dans les cas graves, le tissu central peut se décomposer et la racine se creuser. La valeur alimentaire est réduite et les racines risquent d'être dures, fibreuses et amères. La qualité de conservation est mauvaise et les racines affectées perdent du poids à cause de la perte d'humidité pendant le stockage.



Normalement, aucun symptôme n'est observé sur les feuilles. Les racines sont de taille normale et le problème n'apparaît qu'après la récolte.

Betterave à sucre et betterave

(*Beta vulgaris*)

La carence en bore provoque généralement la mort du point de végétation et le développement d'une pourriture noire du cœur. Avant que la carence n'ait atteint ce stade, les feuilles, qui peuvent avoir des pétioles fendus, seront devenues progressivement plus petites et quelque peu difformes. Après la mort du point de végétation, de petits bouquets de feuilles se développent à l'aisselle des feuilles plus anciennes et le houppier risque fort de se creuser et de pourrir.



Patate douce

(*Ipomoea batatas*)

On trouve des zones nécrotiques brunes dans la chair de la racine, en particulier près du cambium, à la périphérie de la racine. La chair et les racines sont difformes et la peau a une texture rugueuse et coriace. Les racines gravement touchées présentent des chancres et des fissures superficielles recouvertes d'un exsudat durci et noirci. Les symptômes de la carence en bore apparaissent généralement vers la fin de la saison : la croissance terminale des ceps est limitée et les entre-nœuds sont raccourcis. Lorsque la carence s'aggrave, les pétioles sont recourbés et tordus, et les points de végétation peuvent mourir. L'abscission prématurée des feuilles se produit également.

Arbres et cultures de couverture

Bouleau

(*Betula sp.*)

Le développement du limbe est limité, ce qui entraîne une croissance inégale et donne aux feuilles une surface cloquée. Les feuilles sont normalement de couleur vert foncé, mais quelques taches chlorotiques et nécrotiques peuvent apparaître sur les feuilles plus anciennes.

Peuplier deltoïde

(*Populus deltoides*)

Réduction de la croissance des extensions et du développement de petites feuilles.

Eucalyptus

(*Eucalyptus spp.*)

Des symptômes similaires de carence en B ont été enregistrés chez un certain nombre d'espèces d'eucalyptus (*Eucalyptus grandis*, *E. citriodora*, *E. cloeziana*, *E. torelliana*, *E. saligna*, *E. resinifera*, *E. tereticornis*, et *E. alba*). Cependant, il y a des indications que les espèces diffèrent dans leur besoin en B, par ex., *E. grandis* semble plus sensible à la carence en B que *E. cloeziana*.

Le premier symptôme typique est le froissement et la décoloration des jeunes feuilles qui se déploient. Les bourgeons, qui sont fragiles, meurent et les feuilles inférieures du houppier supérieur sont souvent décolorées et tombent. Chez certaines espèces, les feuilles prennent une couleur rouge-violet, mais chez d'autres, elles jaunissent. Normalement, la décoloration progresse vers le bas de l'arbre avant le dépérissement. On peut s'attendre à ce qu'une nécrose de l'écorce commence plus tard au niveau des bourgeons et progresse vers le bas des tiges, entraînant un dépérissement progressif. La carence en bore est connue pour réduire la résistance au gel de l'eucalyptus.

Houx

(*Ilex aquifolium*)

On peut s'attendre à des taches rouges ou violettes de forme irrégulière sur la surface supérieure et à des taches imbibées d'eau sur la surface inférieure.

Pin de kauri

(*Agathis australia*)

Les jeunes feuilles sont vert pâle et déformées. La croissance apicale est déformée.

Mûrier

(*Morus alba*)

Les jeunes feuilles présentent des veines brisées et ont des pétioles fissurés. Les points de végétation finissent par mourir.

Pins

(*Pinus spp.*)

La plupart des espèces de pins présentent des symptômes similaires de carence en bore, notamment l'arrêt de la croissance de la flèche principale, le dépérissement terminal associé chez certaines espèces à une exsudation de résine, et la croissance de flèches tordues ont été signalés dans plusieurs espèces de pins.



Le symptôme le plus caractéristique est l'arrêt de la croissance apicale et la mort répétée de la pousse principale. Chez *P. radiata* et *P. taeda*, les points de végétation peuvent se nécroser et la cime de la tige gonfler. Les jeunes aiguilles adjacentes au bourgeon apical peuvent mourir et de la résine exsude du bourgeon. Chez ces deux espèces, les aiguilles juvéniles peuvent être de couleur vert bleuté et les aiguilles matures ont tendance à fusionner.

La croissance de la flèche tordue a été particulièrement signalée sur *P. caribaea*, *P. khasya*, et *P. patula*. *P. khasya* et

P. patula semblent moins sensibles à la carence en bore que *P. radiata* et *P. caribaea*. Chez *P. strobus*, les aiguilles primaires deviennent bleu-vert clair, avec des extrémités jaunes/oranges.

Hévéa

(*Hevea brasiliensis*)

Une carence en bore chez l'hévéa ne serait attendue que sur des sols dont le statut en B est extrêmement faible, car l'hévéa absorbe efficacement le bore. Il est particulièrement sensible à un apport excessif de B.

Les feuilles déficientes en bore sont déformées, réduites en taille et quelque peu fragiles. La déformation des feuilles ne suit pas un modèle cohérent et il n'y a pas de perte de couleur. Sur les jeunes arbres non ramifiés, le premier signe de carence en B se trouve dans les étages supérieurs des feuilles les plus jeunes de la plante, qui ne sont séparées par aucun entre-nœud distinct. Les étages individuels ne peuvent pas être distingués, ce qui donne à la tige l'aspect d'une « sétaine glauque ». Lorsque la carence est grave, le méristème apical peut mourir et les méristèmes axillaires se développer prématurément.

Acacia

(*Acacia mollissima*)

Les symptômes de carence en B apparaissent généralement pour la première fois sur les arbres de deux ans pendant la saison sèche. Les premiers signes sont la chlorose foliaire, la nécrose cambiale, le dessèchement et la mort du point de végétation sur la pousse principale.

Les branches dépérissent également. La défoliation et la mort s'étendent ensuite régulièrement vers le bas et vers l'intérieur à partir des points de végétation apicaux. Si les pluies commencent avant que l'arbre ne soit mort, il peut y avoir un rétablissement partiel, mais on peut s'attendre à d'autres attaques lors des saisons sèches suivantes, et finalement l'arbre meurt.

Application sur le sol (doses d'application suggérées)

	Granubor (15% B) Fertibor (15% B)	Solubor (20,5% B)	
CULTURE	KG/HA	KG/HA	L/HA
Bouleau	0.4-1.8	0.2-1.2	28-224
Peuplier deltoïde	0.4-1.8	0.2-1.2	28-224
Eucalyptus	1.1-3.5	0.7-2.7	130-440
	KG/HA	KG/HA	L/HA
Pins	6.3-31.2	5-25	100-500
Acacia	12.5-37.9	10-30	200-600

Cultures fourragères légumineuses

(*Calapogonium mucunoides*, *Centrosema pubescens*, and *Pueraria phaseoloides*)

La croissance est retardée. Des lianes courtes et épaisses sont produites et ne s'étendent pas sur la surface du sol. Les feuilles sont très petites, épaisses, cassantes et difformes. Les nervures sont souvent proéminentes. Les méristèmes axillaires ne se développent que de façon limitée, ce qui entraîne un mode de croissance en « touffe prostrée ».

Cultures maraîchères

Artichaut

(*Cynara scolymus*)

La rupture des tissus de la moelle, que l'on observe lorsque la fleur est fendue verticalement, et une pourriture générale du houppier ont été associées à une carence en B.

Asperge

(*Asparagus officinalis*)

Le premier symptôme de carence en B est le flétrissement de l'extrémité des tiges des jeunes pousses ramifiées. Il est suivi d'un dépérissement des tissus flétris et du développement de pousses latérales qui dépérissent fréquemment. Le développement des bourgeons sur le rhizome est faible, le point de végétation étant petit et chlorotique. Le point de végétation devient noirci et meurt, des pousses latérales se développent près de la base de la plante. Les bourgeons floraux peuvent se ratatiner et tomber sans s'ouvrir.

Haricot

(*Phaseolus spp.*)

Il y a eu très peu de cas de carence en B sur les haricots, qui sont particulièrement sensibles à une application excessive de bore. On sait qu'une quantité aussi faible que 2,5 lb/acre de B peut réduire le rendement. Cependant, la carence en bore réduit également la croissance, les feuilles proches du point de végétation étant petites et chlorotiques. Le point de végétation devient noirci et meurt, et des pousses latérales se développent près de la base de la plante. Les bourgeons floraux peuvent se ratatiner et tomber sans s'ouvrir.

Fève

(*Vicia faba*)

L'apex végétatif noircit et meurt. Les feuilles, qui sont vert foncé et coriaces, tombent prématurément. Les surfaces inférieures des feuilles peuvent être de couleur jaune/rouge. Le développement des racines est limité.

Choux de Bruxelles

(*Brassica oleracea var. gemmifera*)

Les premiers signes de carence en B sont des gonflements sur la tige et les pétioles qui deviennent ensuite subérisés. Les feuilles sont recroquevillées et enroulées, et une chute prématurée des feuilles les plus anciennes peut avoir lieu. Les nervures sont souvent ridées. Le point de végétation peut mourir, suivi par le développement de deux bourgeons axillaires conduisant à un jumelage des tiges. Si la carence s'installe avant la formation des pousses, très peu se développent. Si les pousses ont commencé à se former, elles restent petites, ne se développent pas et ont un aspect lâche. La moelle de la tige peut être creuse et décolorée.

Chou

(*Brassica oleracea var. capitata*)

Le symptôme caractéristique de la carence en B observé sur le terrain est la rupture de la moelle de la tige, facilement visible lorsque le capitule est fendu verticalement. Des taches imbibées d'eau se développent d'abord dans la moelle, le tissu se nécrose progressivement et une cavité peut parfois se former. Si la carence se produit au stade de jeune plant, les nouvelles feuilles seront petites, déformées et souvent plus épaisses que la normale. La mort du point de végétation peut suivre, mais cela n'est pas attendu dans les conditions de terrain. La carence en bore se produit plus souvent sur le chou-fleur et le brocoli que sur le chou.

Chou-fleur, Brocoli

(*Brassica oleracea var. botrytis*)

Les symptômes courants de la carence en B au champ sont respectivement une formation d'inflorescences apicales et de bourgeons chétifs et décolorés, ce qui rend fréquemment les cultures impropres à la commercialisation.



La moelle, en particulier dans le cas du chou-fleur, est susceptible de développer des zones imbibées d'eau, de se nécroser et finalement de se vider. Un symptôme précoce sur les jeunes plantules est l'enroulement et le repli vers le bas des feuilles les plus récentes qui sont normalement petites, fragiles et déformées. Dans des conditions de carence sévère en bore, les plants de chou-fleur présentant de tels symptômes ont peu de chances de former un capitule.

Application sur le sol (doses d'application suggérées)

CULTURE	<i>Granubor (15% B)</i> <i>Fertibor (15% B)</i>		<i>Solubor (20,5% B)</i>	
	KG/HA	KG/HA	KG/HA	L/HA
Asperge	6-14	4-10	4-10	103-196
Choux de Bruxelles	6-14	4-10	4-10	103-196
Chou	6-14	4-10	4-10	103-196
Chou-fleur, Brocoli	6-14	4-10	4-10	103-196
Céleri	6-14	4-10	4-10	103-196
Chicorée	6-14	4-10	4-10	103-196
Chou chinois	6-14	4-10	4-10	103-196
Concombre	6-14	4-10	4-10	103-196
Ail	6-14	4-10	4-10	103-196
Chou-rave	6-10	4-6	4-6	103-196
Poireau	3-6	2-4	2-4	37-103
Laitue	6-14	4-10	4-10	103-196
Okra	3-6	2-4	2-4	37-103
Oignon	6-14	4-10	4-10	103-196
Pois	3-6	2-4	2-4	37-103
Radis	6-14	4-10	4-10	103-196
Rhubarbe	3-6	2-4	2-4	37-103
Épinard	6-14	4-10	4-10	103-196
Tomate	6-10	4-6	4-6	103-140

Application foliaire (taux d'application suggérés)

CULTURE	<i>Solubor (20,5% B)</i>	Volume minimum	Concentration maximum
	KG/HA	L/HA	% P/V
Asperge	4-10	1001-4004	0.25-0.5
Choux de Bruxelles	4-10	1001-4004	0.25-0.5
Chou	4-10	1001-4004	0.5
Chou-fleur	4-10	1001-4004	0.5
Céleri	4-10	1001-4004	0.5
Chicorée	4-10	1001-4004	0.5
Chou chinois	4-10	1001-4004	0.25-0.5
Concombre	4-10	1001-4004	0.25-0.5
Ail	4-10	1001-4004	0.25-0.5
Chou-rave	4-6	1001-2797	0.25-0.5
Poireau	2-4	402-1001	0.5
Laitue	4-10	1001-4004	0.25-0.5
Okra	4-6	1001-2797	0.25-0.5
Oignon	4-10	1001-2002	0.5
Radis	4-10	1001-2002	0.5
Rhubarbe	2-4	400-1001	0.5
Épinard	4-10	1001-2002	0.5
Tomate	4-6	1001-2797	0.25

Céleri

(*Apium graveolens var. dulce*)

Des tiges cassantes et le développement de bandes brunes dans l'épiderme au-dessus des faisceaux vasculaires des pétioles est généralement le premier signe de carence en B. Parfois, les bandes brunes sont si rapprochées qu'elles forment une ligne continue sur les faisceaux vasculaires. Des fissures transversales se développent sur la surface externe. Le tissu brisé se recourbe vers l'extérieur, donnant au pétiole un aspect poilu.



Les cœurs noircis et malades sont les symptômes les plus graves, mais on ne les trouve que sur les plantes rabougries, accompagnés de pétioles fissurés.

Chicorée

(*Cichorium intybus*)

Les plantes déficientes en bore sont rabougries. Lorsque la carence est sévère, les feuilles sont tordues et rougies avec des pétioles et des nervures médianes faibles et fragiles.

Chou chinois

(*Brassica chinensis*)

Les nervures médianes se fissurent et deviennent brunes.



Haricot à œil noir

(*Vigna sinensis*)

Les feuilles supérieures sont vert pâle et s'incurvent vers le bas sur les bords. Les points de végétation meurent. La grenaison est très réduite.

Concombre

(*Cucumis sativus*)

Les entre-nœuds sont courts et les jeunes feuilles sont plissées et déformées. Les stries jaunes sur l'écorce deviennent liégeuses, ce qui affecte sérieusement la valeur de la culture.

Ail

(*Allium sativum*)

La carence en bore a été signalée comme provoquant une courbure des feuilles vers l'arrière et une altération des propriétés de stockage des bulbes.

Aubergine amère

(*Solanum gilo*)

Le point de végétation meurt et les feuilles supérieures sont petites, déformées et tordues. Peu de fleurs se forment.

Chou-rave

(*Brassica oleracea var. gongylodes*)

Les symptômes foliaires ne sont observés qu'en cas de carence grave. Les feuilles deviennent légèrement frisées et plissées et se tiennent dans une position inhabituellement droite. Si l'apport en B est très limité dans les premiers stades de la croissance, la partie comestible de la tige ne se développe pas, mais si l'apport n'est pas aussi limité, le chou-rave se développe davantage et la surface devient rugueuse et aqueuse.

Poireau

(*Allium ampeloprasum*)

Les poireaux semblent tolérer des apports en B très faibles sans présenter de symptômes. Des fissures transversales connues sous le nom de « griffes de chat » semblent être un symptôme caractéristique de la carence en B.

Laitue

(*Lactuca sativa*)

La carence en bore entraîne une réduction de la croissance, une malformation des jeunes feuilles et l'apparition de taches sombres, généralement près de l'extrémité de la feuille, qui se transforment ensuite en nécrose marginale. Les feuilles sont épaisses, cassantes et souvent en forme de coupe. Le développement des capitules est faible, la chlorose se produit également, et les capitules jaunes deviennent pourris au centre après la mort du point de végétation.



La brûlure de l'extrémité des jeunes feuilles a été associée à la carence en B, mais ce symptôme est probablement dû à d'autres facteurs. Les premiers stades de la carence en B peuvent être confondus avec la brûlure des extrémités qui, contrairement à la carence en B, n'entraîne pas l'absence de « cœur » ni la mort du point de végétation. Les racines des plantes déficientes en B sont brunes, courtes et d'apparence noueuse.

Courgette

(*Cucurbita pepo*)

Les nouvelles feuilles sont petites, cassantes et difformes avec de longs lobes. Des fissures apparaissent à intervalles réguliers sur la surface supérieure du pétiole. Les pétioles prennent la forme d'un « S » lorsqu'on les regarde latéralement. Des fissures longitudinales se développent sur le fruit.

Melon, Cantaloupe

(*Cucumis melo cantalupensis*)

L'apex végétatif ne s'allonge pas.

Okra

(*Hibiscus esculentis*)

Les feuilles se déforment et se fragilisent. Elles sont réduites en taille et ont un développement irrégulier des lobes. Les gousses restent sous forme de courtes souches. Elles ne s'allongent pas mais restent attachées pendant une longue période.

Oignon

(*Allium cepa*)

Les feuilles deviennent bleues/vertes et les plus jeunes feuilles sont tachetées avec des zones rétrécies déformées. Des fissures peuvent apparaître sur la face supérieure des feuilles inférieures, qui deviennent rigides et cassantes. Le développement des racines est faible. La carence en B peut nuire à l'hivernage.

Pois

(*Pisum sativum*)

Il est probable que les réserves de B des semences seront suffisantes pour une croissance normale et une carence n'est à craindre que si l'on utilise des semences produites dans une zone déficiente en B. Les plantules déficientes en bore sont rabougries et ont des entre-nœuds courts. Les tiges sont épaisses et la plante ressemble à un buisson. Les jeunes folioles présentent une chlorose marginale et ont tendance à se recourber vers l'intérieur. L'avortement des gousses se produit et les gousses qui se développent ont des parois épaisses, sont petites et contiennent souvent peu ou pas de graines.

Radis

(*Raphanus sativus*)

Les feuilles du radis déficient en B sont déformées, cassantes et chlorotiques. En cas de carence grave, l'extrémité de la feuille meurt. Les racines se fissurent et sont de couleur pâle. La chair imbibée d'eau peut présenter des taches brunes. La carence en bore peut augmenter la production de thiocyanates qui sont des giotrogènes connus.

Rhubarbe

(*Rheum rhaponticum*)

Les feuilles présentent des marques rougeâtres sur le pourtour et, en cas de carence grave, finissent par mourir. Les plantes sont nanifiées et dépérissent.

Épinard

(*Spinacia oleracea*)

Le premier signe de carence en B est le développement de petites feuilles vert pâle. Les plantes sont rabougries et ont tendance à perdre leur port érigé, les feuilles s'étalant vers l'extérieur. Les jeunes feuilles risquent d'être très petites et déformées. Les racines sont sèches et de couleur foncée.

Courge

(*Cucurbita spp.*)

Les feuilles sont vert foncé, en forme de coupe, cassantes et quelque peu rugueuses. Les nervures, épaisses et déformées, sont très saillantes, surtout lorsqu'elles deviennent chlorotiques. Les pétioles sont épais et recourbés. Les points de végétation dépérissent. Les racines sont rabougries et décolorées.

Tomate

(*Lycopersicon esculentum*)

Le premier signe de carence en B est une chlorose terminale sur les jeunes feuilles. Dans les cas graves, les jeunes feuilles sont grossièrement déformées et les points de végétation meurent.

Les tiges sont courtes et épaisses.

L'absence de nouaison est fréquente et

les fruits peuvent être striés, présenter des taches liégeuses et mûrir de manière inégale.



FAQ

Questions sur le bore et les micronutriments



Quelle est la concentration maximale de B recommandée dans les eaux d'irrigation pour une utilisation continue sur tous les sols ?

Les eaux d'irrigation contenant 0,75 ppm de B peuvent être utilisées en continu sur tous les sols. Un acre-pouce d'eau délivre 0,17 lb de B par acre dans les eaux contenant 0,75 ppm de B. Sur les sols à texture fine dont le pH est compris entre 6,0 et 8,5, les eaux d'irrigation contenant entre 2,0 et 10,0 ppm de B peuvent être utilisées jusqu'à 20 ans, sauf pour les agrumes dont la recommandation maximale est de 0,75 ppm de B.

Branson RL, et al. "Water Quality in Irrigated Watersheds." J Environ Quality. 1975;4:33-40.

Dans quelle mesure l'augmentation du pH des solutions de pulvérisation foliaire affectera-t-elle l'efficacité des pesticides ?

La réaction des pesticides au pH varie. La plupart des pesticides mettent des heures ou des jours à se décomposer et certains sont très peu affectés par des changements modérés du pH. Le Solubor à un taux de 1 lb pour 5 gallons d'eau augmentera généralement le pH de la solution à 8,4. Ce niveau de pH n'est peut-être pas beaucoup plus élevé que dans de nombreuses régions où le pH de l'eau est souvent supérieur à 8,0. Il n'y a pas de preuve solide que la lutte contre les parasites ait été affectée lorsque les produits chimiques sont mélangés et pulvérisés immédiatement.

Gorsuch CS and Griffin RP. Extension Entomologists, Clemson University, Clemson, SC. 29634-0365.

Quel est l'effet du B sur les animaux, tels que les bovins, consommant du fourrage ou du foin où des taux excessifs de B ont été appliqués ?

Les vaches nourries avec 2,5 g de B/jour pendant 40 jours n'ont été affectées en aucune façon. Cela signifie que si le foin contenait 240 ppm de B (trois fois le niveau normal pour la luzerne), une vache pourrait manger 23 livres de foin par jour sans effet néfaste. Une dose létale aiguë entraînant la mort de la moitié des animaux testés (rats) équivaudrait à 150 g de B par animal de 500 livres, ou à 1 380 livres de luzerne en une journée si la luzerne contenait 240 ppm de B. Des études de deux ans sur des rats et des chiens n'ont montré aucun effet sur la reproduction lorsque 350 ppm de B était inclus dans le régime alimentaire, ni aucun effet sur la fertilité, la lactation, la taille, le poids ou l'apparence de la portée.

Sprague RW. The Ecological Significance of B. Valencia, CA: U.S. Borax, Inc.; 1972.

Quelle quantité de B est fournie par le fumier ?

Le fumier de ferme moyen contient 0,03 lb de B par tonne. Si l'on suppose que tout le B contenu dans le fumier est disponible pour les plantes, 10 tonnes de fumier fourniraient 0,3 lb de B. Ce taux de B par acre et par an ne suffira pas à combler les besoins totaux en B de la luzerne ou de bon nombre d'autres cultures. Les fumiers de volaille ont à peu près la même teneur en B que les fumiers agricoles moyens, mais dans certains cas, des produits au B sont appliqués sur les sols des poulaillers pour lutter contre les insectes. Si l'on se

base sur le taux maximal de B appliqué et le fumier produit, le fumier de volaille traité au B contiendra environ 0,7 lb de B par tonne. Si l'on suppose que tout le B contenu dans le fumier de volaille est disponible pour les plantes, 4 tonnes de fumier de volaille (le taux moyen appliqué par acre) fourniraient 2,8 livres de B. Ce taux de B par an répondrait à la plupart des besoins en B des cultures. Cependant, la litière de volaille non traitée ne contient que 0,30 lb de B par tonne, et le taux de 4 tonnes ne fournirait que 0,12 lb de B. Ce taux de B par acre ne répondrait pas à la plupart des besoins des cultures. Les taux de supplément de B et d'autres éléments nutritifs pour les plantes appliqués en plus du fumier doivent être basés sur les objectifs de rendement ainsi que sur les analyses de sol et/ou de plantes.

Blanck FC. Handbook of Food and Agriculture. Reinhold Pub Co.; 1955. Chapter, Manure Analyses p. 91.

Quelle est l'importance de l'interaction B/Ca ?

Les tissus végétaux sont endommagés lorsque le calcium et le B sont très déséquilibrés. Un bon exemple de cela a été démontré avec les arachides lorsque les dommages internes (cœur creux) ont été considérablement augmentés lorsque le gypse (sulfate de calcium) a été appliqué sans B, ce qui a entraîné un grand changement dans le rapport calcium-bore des tissus végétaux. Le cœur creux des arachides a complètement disparu lorsque seulement 0,25 lb/acre de B a été appliqué en même temps que le gypse, ce qui a entraîné une diminution d'environ cinq fois du rapport calcium-bore dans les tissus végétaux.

Morrill LG, et al. "B Requirements of Spanish Peanuts in Oklahoma: Effects on Yield and Quality and Interaction with Other Nutrients." Oklahoma Agr Exp Stn. 1977;MP-99.

Comment le B et l'azote interagissent-ils dans le brocoli et les autres crucifères ?

Une explication possible est que les niveaux élevés de fertilisation à l'azote ammoniacal ont augmenté la concentration de calcium dans la moelle (chez le chou-fleur), ce qui a entraîné un rapport calcium-bore élevé et une décoloration accrue de la moelle. Les pulvérisations foliaires de B ont réduit mais n'ont pas éliminé la décoloration.

Bryan HH. Pith Discoloration and Breakdown in Cauliflower [dissertation]. Cornell University; 1964.

Quelle est l'exactitude et la précision des analyses de la teneur en B du sol ?

Les pédologues ont constaté que la mise au point d'extracteurs, d'interprétations et de recommandations communes pour les tests du sol doit être limitée aux unités physiographiques et aux caractéristiques communes des sols. L'analyse de la teneur en B du sol ne fait pas exception. La texture du sol, la matière organique et le pH du sol influencent fortement l'interprétation des résultats de l'analyse. Les méthodes d'analyse du sol utilisées aujourd'hui révèlent avec précision la quantité de B disponible pour les plantes avec une précision moyenne de +/- 0,1 ppm de B.

Gartley KL. "1999 Sample Exchange Results Soil, Plant and Manure Samples." Mid-Atlantic Soil Testing and Plant Analysis Work Group, University of Delaware Soil Testing Laboratory. Newark, DE: 1999.

Pourquoi les plantes cultivées sur des sols dont les analyses révèlent une faible teneur en B ne réagissent-elles parfois pas à la fertilisation au B, même lorsque les autres facteurs restrictifs tels que l'humidité et les autres éléments nutritifs sont adéquats ?

Sur des sols de surface à texture grossière ou moyenne et des sous-sols à texture plus fine, les additifs au B des années précédentes peuvent être lixiviés et s'accumuler dans le sous-sol où ils sont disponibles pour les racines des plantes.

Sedberry JE, Jr., et al. "Boron Investigations with Cotton in Louisiana." LSU Agr Exp Sta Bull. 1969:635.

À quelle vitesse le B est-il lixivié de la couche arable ?

La texture du sol et la quantité d'eau qui circule dans le profil du sol déterminent en grande partie le potentiel de blanchiment. Les sols dont la teneur en argile de la couche arable est supérieure à 20 % (loam argilo-sablonneux, loam argileux et texture plus fine) ont un potentiel de lixiviation du B plus faible. Les sols contenant moins de 20 % d'argile (sable, sable limoneux et loams sablonneux) sont plus susceptibles d'être lixiviés. Il a été démontré qu'une application de 4,4 lb/acre de B était lixiviée dans les 8 pouces de surface d'un sol limoneux-sablonneux en 6 mois. Le B appliqué au moment de la plantation restera normalement disponible pour la saison de culture sur la plupart des sols. L'application annuelle de B recommandée serait préférable à des ajouts plus importants et moins fréquents pour minimiser les pertes par lixiviation.

Touchton JT and Boswell FC. "B Applications for Corn Grown on Selected Southeastern Soils." Agron J. 1975;67:197-200.

Une matière à 10 % B dans un mélange en vrac, ou aussi un engrais complet homogène granulé à 0,25 % de B fournirait-il plus de granulés par pied carré et un meilleur approvisionnement en B qu'une matière à 15 % de B dans un mélange en vrac ?

Il est vrai que pour un taux donné d'application de B, le nombre de granulés par pied carré est inversement proportionnel au pourcentage de B dans la particule, par exemple, en se basant sur un poids standard de granulés de 2,2 grammes/100 granulés, un matériau à 15 % épandu au taux de 1 lb/acre de B fournirait 3,15 granulés/pied carré ; un matériau à 10 %, 4,74 granulés/pied carré ; un matériau à 0,25 %, 189,3 granulés/pied carré. Les racines des plantes, toutefois, ne sont en contact qu'avec 1 % de la surface du sol. Le B se déplace vers les racines des plantes par débit massique et diffusion à travers les pores du sol et les films d'humidité. Le B provenant de 3,15 granulés de la matière la plus concentrée à 15 % serait plus susceptible de maintenir un niveau adéquat de B dans la solution du sol que le B provenant de plus de granulés ayant un pourcentage de concentration en B plus faible. En général, les rendements des engrais granulés et des engrais mélangés ont été similaires.

Aldrich SR. Illinois Fertilizer Conf. 1962.

Questions sur le produit U.S. Borax

Les produits agricoles d'U.S. Borax sont-ils biologiques ?

Les produits suivants sont considérés comme appropriés pour les producteurs biologiques par l'Organic Materials Review Institute (OMRI) : *Fertibor*, *Granubor*, et *Solubor*. Vous pouvez trouver

Comment testez-vous la teneur exacte en bore de vos produits ?

Nous utilisons le titrage pour mesurer le pourcentage en poids de B_2O_3 dans notre Quality Lab à Boron, en Californie. Nos experts y testent régulièrement les produits au borate d'U.S. Borax.

Comment réagissent les sulfates de zinc, de cuivre et de manganèse lorsqu'ils sont mélangés à *Solubor* ?

Les mélanges de pulvérisation de *Solubor* à une concentration de 1 ou 2 % de *Solubor* sont courants. Le pH de ces mélanges s'élève à plus de 8. À ce pH, le sulfate de zinc se transforme en hydroxyde de zinc qui est légèrement soluble. (Le cuivre et le manganèse forment également des hydroxydes dans les solutions de pH 8.)

L'efficacité du Band zinc n'est pas radicalement modifiée en ce qui concerne la plante, mais l'agitation du mélange est importante pour maintenir la suspension des particules. Les agents acidifiants dans les mélanges en cuve peuvent empêcher la précipitation.

Handbook of Chemistry and Physics, 30TH ed. Cleveland, OH: Chem Rubber Pub Co; 1948.

Pourquoi l'ajout de *Solubor* aux solutions d'azote à haute pression n'est-il pas recommandé ?

La réaction du borate de sodium sec avec l'humidité produit de l'acide borique et de l'hydroxyde de sodium. L'ion ammonium, en présence d'un excès d'hydroxyle, se transforme en ammoniac et en eau. L'ammoniac se volatilise. Dans les solutions d'azote à haute pression, avec de l'ammoniac libre, l'évolution de l'ammoniac est accélérée en ajoutant du borate de sodium à la solution. Si ces matières fertilisantes azotées (solutions d'urée et de nitrate d'ammonium, ou nitrate d'ammonium sec mélangé à un engrais à base de borate de sodium) sont combinées et incorporées directement dans le sol, elles peuvent être utilisées ensemble.

Winter KT, et al. "Ammonia Volatilization from Lime-Urea Ammonium Nitrate Suspensions Before and After Soil Application." Soil Sci Soc Am J. 1981;45:1224-1228.

Index des cultures



PLANTES POUR BOISSONS

- 26 Agave (*Agave sisalana*)
- 26 Cacao (*Theobroma cacao*)
- 26 Café (*Coffea arabica* and *C. canephora*)
- 27 Houblon (*Humulus lupulus*)
- 27 Thé (*Camellia sinensis*)

ARBRES D'OMBRAGE POUR THÉS

- 28 Immortelle (*Erythrina variegata*)
- 28 Chêne argenté (*Grevillea robusta*)

CÉRÉALES ET CANNE À SUCRE

- 28 Maïs (*Zea mays*)
- 29 Riz (*Oryza sativa*)
- 29 Sorgho (*Sorghum vulgare*)
- 29 Millet (*Panicum millaceum*)
- 29 Canne à sucre (*Saccharum officinarum*)
- 29 Blé (*Triticum spp.*)

CULTURES PHARMACEUTIQUES, FUMIGÈNES ET MASTICATOIRES

- 29 Fenugrec (*Trigonella foenum-graecum*)
- 30 Cola (*Cola nitida*)
- 30 Coquelicot (*Papaver somniferum*)
- 30 Tabac (*Nicotiana tabacum*)

CULTURES DE FIBRES

- 31 Coton (*Gossypium spp.*)
- 31 Chanvre de Gambo (*Hibiscus cannabinus*)
- 31 Fibre de sisal (*Agave sisalana*)

FLEURS ET PLANTES ORNEMENTALES

- 32 Aréquier (*Chrysalidocarpus lutescens*)
- 32 Azalée (*Rhododendron spp.*)
- 32 Bégonia (*Begonia spp.*)
- 32 Œillet (*Dianthus caryophyllus*)
- 32 Chrysanthème (*Chrysanthemum spp.*)
- 32 Cyclamen (*Cyclamen spp.*)
- 32 Dracaena sanderiana
- 32 Gardénia (*Veitchii spp.*)
- 32 Géranium (*Pelargonium hortorum*)
- 32 Gerbera (*Gerbera*)
- 32 Glaïeul (*Gladiolus spp.*)
- 33 Gloxinia (*Sinningia speciosa*)
- 33 Caoutchouc des jardins (*Ficus elastica*)
- 33 Pied-d'alouette (*Delphinium spp.*)

- 33 Capucine (*Tropaeolum majus*)
- 33 Poinsettia (*Euphorbia pulcherrima*)
- 33 Pyrèthre (*Chrysanthemum cinerariaefolium*)
- 33 Rose (*Rosa spp.*)
- 34 Giroflées (*Matthiola spp.*)
- 34 Pois de senteur (*Lathyrus odoratus*)
- 34 Tulipes (*Tulipa spp.*)
- 34 Zinnia (*Zinnia spp.*)

CULTURES FOURRAGÈRES

- 34 Cultures fourragères légumineuses
- 35 Luzerne (*Medicago sativa*)
- 35 Chiendent pied-de-poule (*Cynodon dactylon*)
- 35 Cenchrus cilié (*Cenchrus ciliaris*)
- 35 Trèfle Alsike (*Trifolium hybridum*)
- 35 Luzerne polymorphe (*Medicago hispida*)
- 35 Trèfle incarnat (*Trifolium incarnatum*)
- 35 Trèfle rouge (*Trifolium pratense*)
- 36 Trèfle souterrain (*Trifolium subterraneum*)
- 36 Mélilot officinal (*Melilotus spp.*)
- 36 Trèfle rampant (*Trifolium repens*)
- 36 Chou frisé (*Brassica oleracea var. acephala*)
- 36 Leucaena leucocephala
- 36 Lotononis bainesii
- 36 Moutarde (*Sinapis alba*)
- 36 Neonotonia wightii
- 36 Herbe de Guinée (*Panicum maximum*)
- 36 Paspalum (*Paspalum dilatatum*)
- 36 Sétaire vivace (*Setaria sphacelata*)
- 36 Phaseolus atropurpureus
- 37 Herbe de Rhodes (*Chloris gayana*)
- 37 Luzerne de Townsville (*Stylosanthes humilis*)
- 37 Lotier corniculé (*Lotus corniculatus*)

CULTURES DE FRUITS ET DE NOIX

- 37 Acérola (*Malpighia puniceifolia*)
- 37 Amande (*Prunus amygdalus*)
- 37 Groseille de Ceylan (*Embllica officinalis*)
- 37 Pomme (*Malus sylvestris*)
- 37 Abricot (*Prunus armeniaca*)
- 37 Avocat (*Persea americana*)
- 38 Banane (*Musa spp.*)
- 38 Mûre (*Rubus spp.*)
- 38 Myrtille (*Vaccinium spp.*)
- 38 Anacardier (*Anacardium occidentale*)
- 38 Chérimole (*Anona cherimolia*)

- 38 Cerise (*Prunus cerasus*)
- 38 Agrumes (*Citrus spp.*)
- 40 Groseille, rouge (*Ribes sativum*)
- 40 Palmier dattier (*Phoenix dactylifera*)
- 40 Figs (*Ficus carica*)
- 40 Raisins (*Vitis vinifera*)
- 40 Papaye (*Carica papaya*)
- 40 Pêche (*Prunus persica*)
- 40 Poire (*Pyrus communis*)
- 40 Noix de pécan (*Carya illinoensis*)
- 41 Ananas (*Ananas comosus*)
- 41 Prune (*Prunus domestica*)
- 41 Framboise (*Rubus idaeus*)
- 41 Fraise (*Fragaria spp.*)
- 41 Noix de Grenoble (*Juglans regia*)

CULTURES OLÉAGINEUSES

- 41 Canola (*Brassica napus var. oleifera*)
- 42 Noix de coco (*Cocos nucifera*)
- 42 Moutarde indienne (*Brassica juncea*)
- 42 Graines de lin (*Linum usitatissimum*)
- 42 Palmier à huile (*Elaeis guineensis*)
- 42 Olive (*Olea europaea*)
- 43 Arachide (*Arachis hypogaea*)
- 43 Soja (*Glycine max*)
- 44 Tournesol (*Helianthus annuus*)
- 44 Tung (*Aleurites spp.*)

CULTURES DE RACINES ET TUBERCULES

- 44 Carotte (*Daucus carota var. sativa*)
- 44 Manioc (*Manihot utilissima*)
- 44 Daikon (*Raphanus sativus var. longipinnatus*)
- 44 Betterave fourragère (*Beta vulgaris var. vulgaris*)
- 44 Panais (*Pastinaca sativa*)
- 44 Pomme de terre (*Solanum tuberosum*)
- 46 Betterave rouge ou potagère (*Beta vulgaris*)
- 46 Rutabaga (*Brassica napobrassica*)
- 46 Panais (*Pastinaca sativa*)
- 46 Pomme de terre (*Solanum tuberosum*)
- 46 Betterave rouge ou potagère (*Beta vulgaris*)
- 46 Rutabaga (*Brassica napobrassica*)
- 46 Chou-navet (*Brassica rutabaga*)
- 46 Navet (*Brassica rapa*)
- 46 Betterave à sucre et betterave (*Beta vulgaris*)
- 46 Patate douce (*Ipomoea batatas*)

ARBRES ET CULTURES DE COUVERTURE

- 46 Bouleau (*Betula sp.*)
- 46 Peuplier deltoïde (*Populus deltoides*)
- 46 Eucalyptus (*Eucalyptus spp.*)
- 47 Houx (*Ilex aquifolium*)
- 47 Pin de kauri (*Agathis australia*)
- 47 Mûre blanche (*Morus alba*)
- 47 Pins (*Pinus spp.*)
- 47 Hévéa (*Hevea brasiliensis*)
- 47 Acacia (*Acacia mollissima*)
- 48 Plantes de couverture légumineuses (*Calapogonium mucunoides, Centrosema pubescens, et Pueraria phaseoloides*)

CULTURES MARAÎCHÈRES

- 48 Artichaut (*Cynara scolymus*)
- 48 Asperge (*Asparagus officinalis*)
- 48 Haricot (*Phaseolus spp.*)
- 48 Fève (*Vicia faba*)
- 48 Choux de Bruxelles (*Brassica oleracea var. gemmifera*)
- 48 Chou (*Brassica oleracea var. capitata*)
- 48 Choux-fleur, Broccoli (*Brassica oleracea var. botrytis*)
- 50 Céleri (*Apium graveolens var. dulce*)
- 50 Chicorée (*Cichorium intybus*)
- 50 Chou chinois (*Brassica chinensis*)
- 50 Haricot à œil noir (*Vigna sinensis*)
- 50 Concombre (*Cucumis sativus*)
- 50 Ail (*Allium sativum*)
- 50 Aubergine amère (*Solanum gilo*)
- 50 Chou-rave (*Brassica oleracea var. gongylodes*)
- 50 Poireaux (*Allium ampeloprasum*)
- 50 Laitue (*Lactuca sativa*)
- 50 Courgette (*Cucurbita pepo*)
- 51 Melon, Cantaloupe (*Cucumis melo cantalupensis*)
- 51 Okra (*Hibiscus esculentis*)
- 51 Oignon (*Allium cepa*)
- 51 Pois (*Pisum sativum*)
- 51 Radis (*Raphanus sativus*)
- 51 Rhubarbe (*Rheum rhaponticum*)
- 51 Épinard (*Spinacia oleracea*)
- 51 Courge (*Cucurbita spp.*)
- 51 Tomate (*Lycopersicon esculentum*)

Noms botaniques



47	<i>Acacia mollissima</i>	35	<i>Cynodon dactylon</i>	32	<i>Pelargonium hortorum</i>
47	<i>Agathis australia</i>	44	<i>Daucus carota</i> var. <i>sativa</i>	37	<i>Persea americana</i>
31	<i>Agave sisalana</i>	33	<i>Delphinium</i> spp.	48	<i>Phaseolus</i> spp.
44	<i>Aleurites</i> spp.	32	<i>Dianthus caryophyllus</i>	36	<i>Phaseolus atropurpureus</i>
50	<i>Allium ampeloprasum</i>	32	<i>Dracaena sanderiana</i>	40	<i>Phoenix dactylifera</i>
51	<i>Allium cepa</i>	42	<i>Elaeis guineensis</i>	47	<i>Pinus</i> spp.
50	<i>Allium sativum</i>	37	<i>Emblica officinalis</i>	51	<i>Pisum sativum</i>
41	<i>Ananas comosus</i>	28	<i>Erythrina variegata</i>	46	<i>Populus deltoides</i>
38	<i>Anacardium occidentale</i>	46	<i>Eucalyptus</i> spp.	37	<i>Prunus amygdalus</i>
38	<i>Anona cherimolia</i>	33	<i>Euphorbia pulcherrima</i>	37	<i>Prunus armeniaca</i>
50	<i>Apium graveolens</i> var. <i>dulce</i>	40	<i>Ficus carica</i>	38	<i>Prunus cerasus</i>
43	<i>Arachis hypogaea</i>	33	<i>Ficus elastica</i>	41	<i>Prunus domestica</i>
48	<i>Asparagus officinalis</i>	41	<i>Fragaria</i> spp.	40	<i>Prunus persica</i>
32	<i>Begonia</i> spp.	32	<i>Gerbera</i>	40	<i>Pyrus communis</i>
44	<i>Beta vulgaris</i>	32	<i>Gladiolus</i> spp.	51	<i>Raphanus sativus</i>
46	<i>Beta vulgaris</i>	43	<i>Glycine max</i>	44	<i>Raphanus sativus</i> var. <i>longipinnatus</i>
44	<i>Beta vulgaris</i> var. <i>vulgaris</i>	31	<i>Gossypium</i> spp	51	<i>Rheum rhaponticum</i>
46	<i>Betula</i> sp.	28	<i>Grevillea robusta</i>	32	<i>Rhododendron</i> spp.
50	<i>Brassica chinensis</i>	44	<i>Helianthus annuus</i>	40	<i>Ribes sativum</i>
42	<i>Brassica juncea</i>	47	<i>Hevea brasiliensis</i>	33	<i>Rosa</i> spp.
46	<i>Brassica napobrassica</i>	31	<i>Hibiscus cannabinus</i>	41	<i>Rubus idaeus</i>
41	<i>Brassica napus</i> var. <i>oleifera</i>	51	<i>Hibiscus esculentis</i>	38	<i>Rubus</i> spp.
36	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>acephala</i>	27	<i>Humulus lupulus</i>	29	<i>Saccharum officinarum</i>
48	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>botrytis</i>	47	<i>Ilex aquifolium</i>	36	<i>Setaria sphacelata</i>
48	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i>	46	<i>Ipomoea batatas</i>	36	<i>Sinapis alba</i>
48	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>gemmifera</i>	41	<i>Juglans regia</i>	33	<i>Sinningia speciosa</i>
50	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>gongylodes</i>	50	<i>Lactuca sativa</i>	50	<i>Solanum gilo</i>
46	<i>Brassica rapa</i>	34	<i>Lathyrus odoratus</i>	44	<i>Solanum tuberosum</i>
46	<i>Brassica rutabaga</i>	36	<i>Leucaena leucocephala</i>	29	<i>Sorghum vulgare</i>
48	<i>Calapogonium mucunoides</i> , <i>Centrosema pubescens</i> , and <i>Pueraria phaseoloides</i>	42	<i>Linum usitatissimum</i>	51	<i>Spinacia oleracea</i>
27	<i>Camellia sinensis</i>	36	<i>Lotononis bainesii</i>	37	<i>Stylosanthes humilis</i>
40	<i>Carica papaya</i>	37	<i>Lotus corniculatus</i>	26	<i>Theobroma cacao</i>
40	<i>Carya illinoensis</i>	51	<i>Lycopersicum esculentum</i>	35	<i>Trifolium hybridum</i>
35	<i>Cenchrus ciliaris</i>	37	<i>Malpighia punicifolia</i>	35	<i>Trifolium incarnatum</i>
37	<i>Chloris gayana</i>	37	<i>Malus sylvestris</i>	35	<i>Trifolium pratense</i>
32	<i>Chrysalidocarpus lutescens</i>	44	<i>Manihot utilissima</i>	36	<i>Trifolium subterraneum</i>
32	<i>Chrysanthemum</i> spp.	34	<i>Matthiola</i> spp.	36	<i>Trifolium repens</i>
33	<i>Chrysanthemum cinerariaefolium</i>	35	<i>Medicago hispida</i>	29	<i>Trigonella foenum-graecum</i>
50	<i>Cichorium intybus</i>	35	<i>Medicago sativa</i>	29	<i>Triticum</i> spp.
38	<i>Citrus</i> spp.	36	<i>Melilotus</i> spp.	33	<i>Tropaeolum majus</i>
43	<i>Cocos nucifera</i>	47	<i>Morus alba</i>	34	<i>Tulipa</i> spp.
26	<i>Coffea arabica</i> and <i>C. canephora</i>	38	<i>Musa</i> spp.	38	<i>Vaccinium</i> spp.
30	<i>Cola nitida</i>	36	<i>Neonatonia wightii</i>	32	<i>Veitchii</i> spp.
51	<i>Cucumis melo cantalupensis</i>	30	<i>Nicotiana tabaccum</i>	48	<i>Vicia faba</i>
50	<i>Cucumis sativus</i>	42	<i>Olea europaea</i>	50	<i>Vigna sinensis</i>
50	<i>Cucurbita pepo</i>	29	<i>Oryza sativa</i>	40	<i>Vitis vinifera</i>
51	<i>Cucurbita</i> spp.	36	<i>Panicum maximum</i>	28	<i>Zea mays</i>
32	<i>Cyclamen</i> spp.	29	<i>Panicum millaceum</i>	34	<i>Zinnia</i> spp.
48	<i>Cynara scolymus</i>	30	<i>Papaver somniferum</i>		
		44	<i>Pastinaca sativa</i>		
		36	<i>Paspalum dilatatum</i>		



U.S. Borax | Rio Tinto
200 E. Randolph, Suite 7100
Chicago, IL 60601, USA

agriculture.borax.com