

LE CALCIUM, UN ÉLÉMENT AMENDANT ET FERTILISANT

Aujourd'hui, la fertilisation doit être raisonnée et donc s'adresser à l'ensemble des éléments, majeurs, secondaires et oligo-éléments. Parmi les éléments secondaires, il en est un, le Calcium, dont l'ensemble des rôles reste encore mal connu. Alors qu'en grandes cultures le calcium est synonyme de chaulage donc d'action sur le sol, le calcium est plus appréhendé comme nutriment de la part des arboriculteurs et maraîchers. Les deux approches sont importantes mais c'est l'ensemble des deux qu'il faudra traiter simultanément.

L'objectif de ce document est donc de faire une synthèse sur les connaissances au niveau du Calcium, des pratiques des apports et des produits, pour définir une fertilisation optimale avec des produits adaptés.

P1 Rôle du calcium dans le sol

P2 Que se passe-t-il :
• en terres acides ?
• en terres alcalines ?

Quel est l'effet des fertilisants banalisés ?

P3 Rôle du calcium dans la plante

P4 Besoin des cultures en calcium

Mode d'absorption du calcium

P5 Les produits de marché :
• solides
• liquides

P6 Les produits du Groupe Roullier et leurs spécificités

LE CALCIUM AU NIVEAU DU SOL.

Il existe aujourd'hui une confusion liée aux habitudes qui consiste à identifier le Calcium Ca^{++} avec le carbonate de Calcium ($CaCO_3$), appelé encore chaux ou calcaire. Une telle confusion revient à comparer sodium (Na) et sel (NaCl) ou encore la soude caustique (NaOH), ce qui n'a rien à voir !

Ceci résulte de la pratique du chaulage, avec originellement des produits de type $CaCO_3$, qui ont un rôle sur le pH et la structure du sol, rôles qui sont parfois assimilés au Calcium. Il est donc avant tout nécessaire de repréciser les rôles du Calcium dans le sol

LE CALCIUM : BASE DU COMPLEXE ARGILO-HUMIQUE

Le Calcium crée une liaison entre l'argile et les particules d'humus pour former le complexe argilo-humique. En fixant ainsi l'argile, celui-ci n'est plus lessivé. C'est la floculation des argiles.

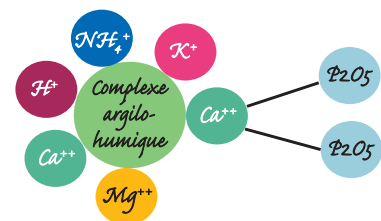
La structure est améliorée et les phénomènes de battance (prise en masse des particules après lessivages des argiles) éliminés.

C'est l'effet sur la structure du Calcium



Ce complexe, chargé négativement peut alors fixer certains éléments chargés positivement (cations), comme l'ion ammonium, le Magnésium, la potasse ou d'autres molécules de Calcium.

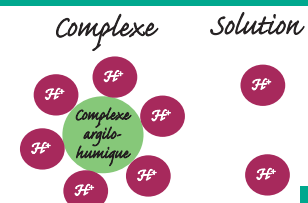
Ces dernières fixeront, à travers le pont bi-calci-que, les ions phosphates P_2O_5 -



Bilan : Le Calcium a un rôle sur la structure en favorisant la floculation des argiles
Le Calcium a un rôle sur la fertilité des sols en permettant la formation du complexe argilo-humique (réserves des nutriments pour la plante) et en permettant la fixation des ions P_2O_5 .

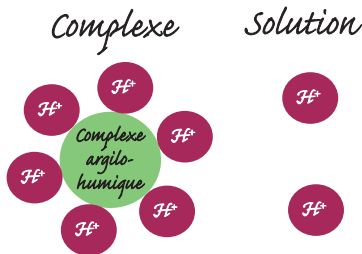
QUE SE PASSE-T-IL EN SOLS ACIDES ?

En sol acide, le complexe argilo-humique est saturé en ions H^+ et ne peut pas fixer les autres éléments. La solution du sol n'est pas favorable à l'activité microbienne et les argiles floculent mal.

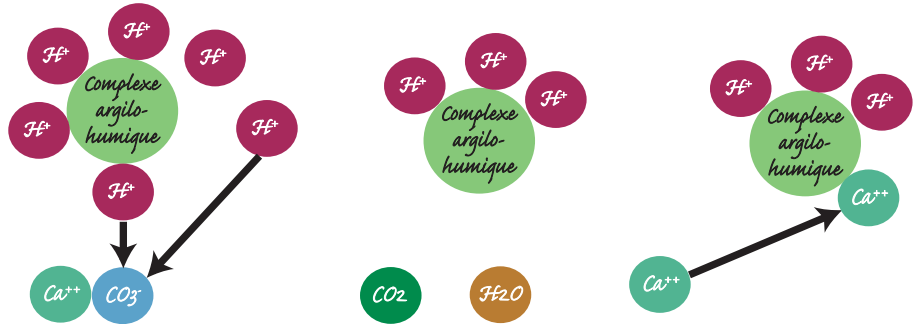


QUE SE PASSE-T-IL EN SOLS ACIDES ?

En sol acide, le complexe argilo-humique est saturé en ions H^+ et ne peut pas fixer les autres éléments. La solution du sol n'est pas favorable à l'activité microbienne et les argiles flocculent mal.



En utilisant un amendement calcique, on résout ce problème



La fonction CO_3^{2-} arrache les ions H^+ du complexe

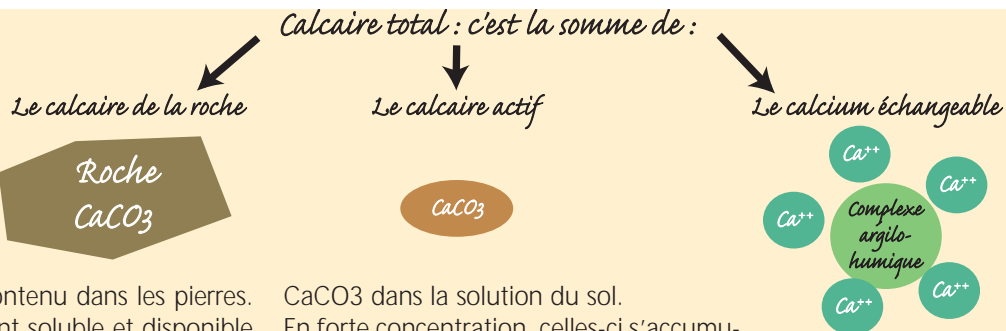
Elle neutralise ces ions H^+ pour former de l'eau et du CO_2 . C'est donc la fonction CO_3^{2-} qui a une action sur le pH.

Les places libérées sont alors occupées par le Calcium

Le Calcium n'a donc aucun rôle sur le pH, c'est la fonction qui lui est accrochée (ex : CO_3^{2-}).

QUE SE PASSE-T-IL EN SOLS CALCAIRES ?

En sol calcaire, nous sommes en présence de Calcium sous différentes formes qu'il faut identifier.



C'est le calcaire contenu dans les pierres. Il est très faiblement soluble et disponible pour la plante et le sol. Il ne joue donc pas de rôle prépondérant.

$CaCO_3$ dans la solution du sol. En forte concentration, celles-ci s'accumulent autour de la matière organique pour former la gangue calcaire. L'action des bactéries de l'humification est alors très difficile. Le Calcium, en tant que tel, est peu disponible

C'est le calcium fixé sur le complexe argilo-humique : c'est la source de Calcium utilisable par les plantes.

Pour bien connaître l'état du sol et la disponibilité du Calcium pour les plantes, il est absolument nécessaire d'identifier la teneur en calcaire actif et la teneur en Calcium échangeable

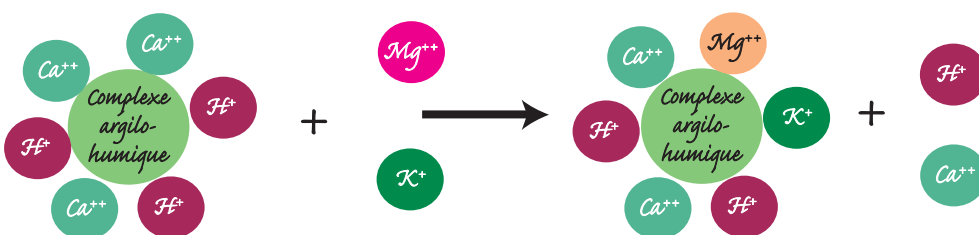
Un sol pourra être riche en Calcaire et avoir peu de calcium échangeable. De même, un sol riche en calcaire actif, pourra avoir un problème de fonctionnement de matières organiques sans pour autant avoir beaucoup de Calcium échangeable, donc disponible pour la plante.

La disponibilité du Calcium ne peut être mesurée qu'avec le taux de Calcium échangeable.

Le % en calcaire actif nous renseigne uniquement sur l'état du sol et de la matière organique.

QUEL EST L'EFFET DES FERTILISANTS BANALISÉS ?

En apportant un cation (par ex K^+ ou Mg^{++}), celui-ci va se fixer sur le complexe argilo-humique à la place des ions H^+ ou Ca^{++} . La solution du sol s'enrichit en ion H^+ : c'est **l'effet acidifiant** et le Calcium libéré sera lessivé : c'est **l'effet décalcifiant**



Dans tous les cas il faudra amener du Calcium pour compenser cette perte. Dans les sols acides, il faudra neutraliser l'acidité, par exemple avec du Lithothamne ($CaCO_3$) ou des engrais Lithactyl.

Conclusion

Le Calcium améliore la structure du sol et la capacité fertilisante du sol

Le Calcium n'a aucun rôle sur le pH

Le calcium disponible pour la plante ne peut être mesuré que par le Calcium échangeable

Un sol calcaire n'est pas forcément riche en Calcium disponible

L'utilisation d'engrais banalisés entraîne la perte de Calcium disponible pour la plante

LE CALCIUM AU NIVEAU DE LA PLANTE.

Le Calcium n'a pas qu'un effet sur la structure du sol. Il est comme les éléments majeurs (N,P,K) et comme les éléments secondaires (Ca, Mg, S) un des éléments fertilisants majeurs nécessaires à la formation des plantes et à leur croissance. Il est présent dans toutes les plantes et dans tous les organes des plantes, à des teneurs différentes.

Composition élémentaire des végétaux supérieurs (% de la MS)

C	H	O	N	P	K	Ca	Mg	S	Na
45-50	6-7	42-44	1-3	0,05-1	0,3-4	0,5-3,5	0,03-0,8	0,7-1,4	0,01-3,5

Source : Chaussat et Javillier, INRA, 1982)

QUELS SONT LES PRINCIPAUX RÔLES DU CALCIUM ?

1. Il entre dans la composition de certains enzymes comme les ATPases, enzymes qui sont à la base de toute la fourniture en énergie pour la plante.

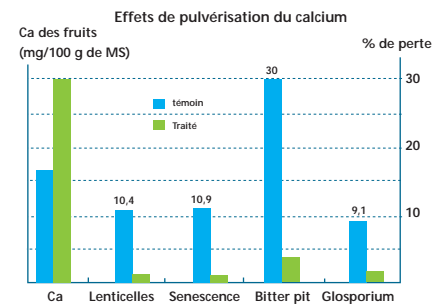
2. Il est nécessaire au fonctionnement de certaines enzymes comme les protéines kinases. Ces enzymes sont responsables de la transformation des réserves protéiques en acides aminés.

C'est la raison pour laquelle la présence de Calcium est déterminante pour la réussite de la germination. (Roberts et Hamon, 1992)

aura des effets directs sur l'évapotranspiration (plus de perte d'eau) ainsi que sur la proportion acides/sucres dans les fruits. (Atkinson et Al 1990)

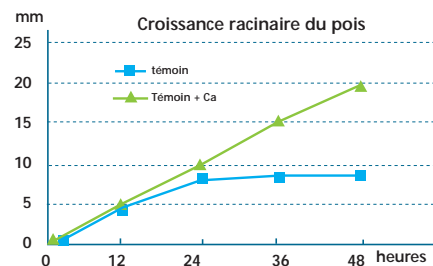
5. Il est l'un des composants essentiels des membranes des cellules. A l'image des animaux, il constitue le squelette des cellules tel un ciment entre les différents composants comme les lipides, les protéines ou encore les éléments minéraux. De ce fait, il se très important pour les organes suivants :

consistante et le fruit manque de texture, de tenue et de conservation. Le déficit en Calcium est à l'origine d'incident comme le bitter-pit interne ou les brunissements profonds des fruits.



(Source : Sharpless et Johnson, 1977)

Les racines : les racines en croissance, lors de l'élongation, doivent absolument s'alimenter en Calcium afin de consolider les parois sinon la croissance s'arrête.



Source : Marschner et Richter, 1974)

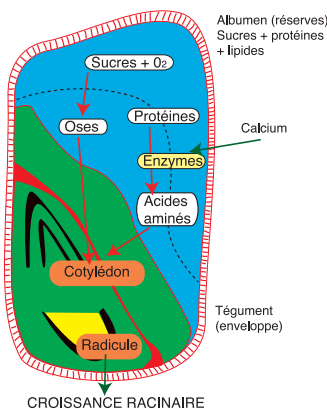
Le tube pollinique : Le Calcium est non seulement responsable de la constitution des parois du tube mais en plus la concentration en Calcium influe sur la direction de la croissance (Mascarenhas et Maschlis, 1964).

La pulpe du fruit : En l'absence de Calcium, la pulpe du fruit n'est pas

La pellicule du fruit : En l'absence de Calcium, l'épiderme et la pellicule sont peu solides. Il en résulte un fruit plus sensible aux coups. En outre, la pellicule étant de mauvaise qualité, elle est peu favorable à l'établissement des polyphénols dont certains tanins et arômes et dont les antocyanes qui procurent la couleur.

Enfin, lors de coups ou d'attaque fongique (ex : Botrytis), un tissu réparateur à base de callose se forme, mais cette callose ne sera formée que s'il y a du calcium disponible.

(Kauss et al, 1987)



3. Il est un élément catalyseur de la division cellulaire (Schmitt, 1981)

4. Localisé dans les vacuoles des cellules, il intervient activement dans l'équilibre cationique cellulaire en participant à la neutralisation des acides organiques. En outre, il agit en tant qu'osmorégulateur dans les échanges membranaires.

Une mauvaise disponibilité en Calcium

Le Calcium est donc un élément indispensable à la naissance et à la croissance des plantes et des organes non lignifiés (jeunes racines, fruits, ...). En outre, la qualité de la récolte des fruits dépendra étroitement de sa bonne disponibilité.

QUELS SONT LES BESOINS DES PLANTES EN CALCIUM ?

Toutes les cultures ont des besoins en Calcium. On remarquera que les besoins sont proportionnellement aussi importants que ceux des éléments majeurs, voire plus importants dans le cas des légumes et des fruits.

La fertilisation calcique ne doit donc en aucun cas être négligée

Exportations plantes entières en cultures de plein champ (kg/Ha)

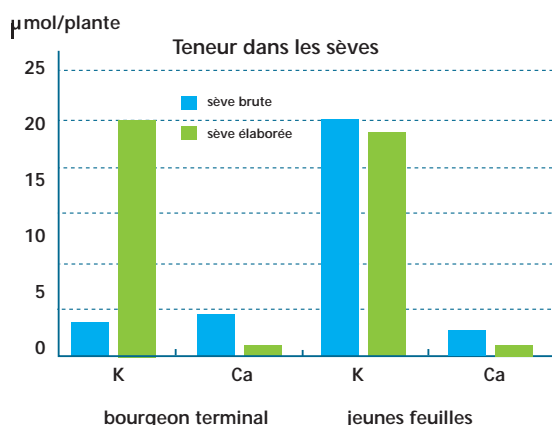
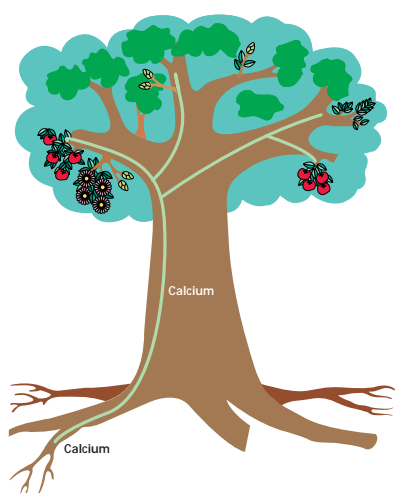
		N	P2O5	K2O	CaO	Ca	MgO
Grandes cultures	Céréales	100-200	50-100	70-120	70-120	50-90	30-50
	Maïs	150-200	50-100	70-120	150-200	110-140	40-50
	Betterave	150-250	100-150	250-350	70-120	50-90	50-70
	Colza	150-200	70-120	50-100	100-150	70-100	50-70
	Tournesol	0-80	30-60	30-60	70-120	50-90	40-60
	Pois	100-150	30-60	100-150	70-120	50-90	0-30
	Patates	70-120	100-150	150-250	70-120	50-90	50-100
	Légumes	Tomate	150-200	30-60	150-250	250-350	180-250
Poivron		200-250	30-60	250-300	150-200	110-140	30-60
Haricot		150-200	30-60	150-200	100-150	70-100	0-30
Carotte		100-150	30-60	300-400	100-150	70-100	0-30
Oignons		70-120	30-60	100-150	100-150	70-100	0-30
Chou-fleur		200-250	70-120	200-300	200-250	140-160	0-30
Laitues		100-150	30-60	250-300	30-60	20-40	0-30
Arbres fruitiers		Melon	70-120	0-30	100-150	70-120	50-90
	Fraise	70-120	0-30	100-150	30-60	20-40	0-30
	Pommes	70-120	0-30	150-250	100-150	70-100	0-30
	Poires	70-120	0-30	150-250	100-150	70-100	0-30
	pecher	70-120	0-30	150-250	100-150	70-100	0-30
	Vigne	70-120	0-30	150-250	100-150	70-100	0-30

(Source : CTIFL, Loué, Soltner)

COMMENT LES PLANTES ABSORBENT-ELLES LE CALCIUM ?

Dans la plante, le Calcium est transporté quasiment exclusivement par le xylème (ou sève brute ou sève montante) (Jeschke et pat, 1991). Cela signifie qu'une alimentation effective en Calcium devra s'effectuer par la racine.

(Source : Jeschke et pat, 1991)



(Source : Jeschke et pat, 1991)

Cependant le Calcium est un élément peu mobile. Il est donc important de maintenir une alimentation suffisante et efficace par la racine.

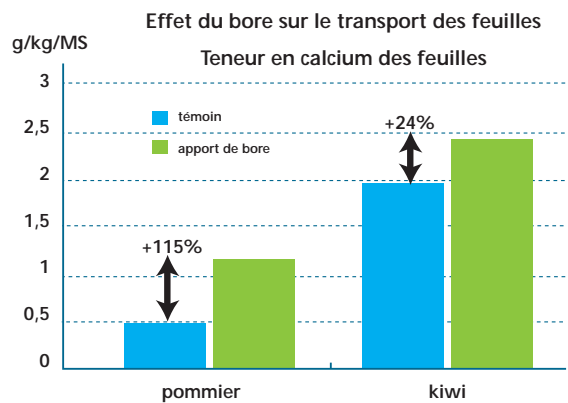
Il est aussi possible de compléter ces applications par un apport en foliaire ou sur fruit. Comme la mobilité du Calcium est réduite, celui-ci véhiculera peu et restera localisé sur l'organe touché et en superficie.

Une telle fertilisation ne sera efficace que comme appoint, que si elle est répétée et

que si les organes ciblés sont exposés (feuilles, peltule).

Deux facteurs peuvent favoriser sa translocation : le bore ainsi que les molécules de type cytokiniques.

(Source Granelli, Camatini, 1986)



Conclusion

Le Calcium est un fertilisant indispensable au bon fonctionnement de la plante, notamment à l'implantation des cultures ainsi qu'à la mise à fruit.

Une bonne nutrition ne sera réalisée que si elle s'effectue à partir du sol.

Elle pourra être complétée en végétation à la condition d'être répétée, que les cibles soient directement touchées par le traitement et que son action soit en surface.

LES PRODUITS DISPONIBLES SUR LE MARCHÉ.

Les produits solides pour le sol

	Carbonate de Calcium		Oxyde de Calcium	Sulfate de Calcium
	terrestres	marins	Chaux vives	(gypse, plâtres)
Origine	produits de carrière, broyés ou non	sables coquilliers (Trez) ou algues corallifères (Maërl) broyés ou non	produit de carrière, broyés puis cuits	produit de carrière, broyés ou non
Action sur le pH	Faible à moyen (fonction CO ₃ ⁻⁻)	Moyen à fort (fonction CO ₃ ⁻⁻)	Fort (fonction OH ⁻) Effet pH éphémère	aucun
Structure	Faible à moyen (Ca ⁺⁺).	Moyen à fort (Ca ⁺⁺).	Fort	Faible
Calcium alimentaire	Faible Structure moléculaire soumise à une pression lors de la formation, peu favorable à la libération du Ca et donc à l'alimentation	Moyen à fort Structure moléculaire libre de pression lors de la formation et très adaptée à l'alimentation	Faible Structure moléculaire soumise à une pression lors de la formation, peu favorable à la libération du Ca et donc à l'alimentation	Faible Forme très insoluble du Calcium
Remarque	Qualité dépendant de la finesse de broyage et de la solubilité du produit	Qualité dépendant de la nature (sables ou algues) et de la finesse de broyage	Effet caustique tuant les bactéries et brûlant la matière organique	Solubilité très faible

Les produits liquides

	Nitrate de Calcium	Chlorure de Calcium
Apport Ca	Voie foliaire ou ferti-irrigation	Voie foliaire
Applications	Répétées	Répétées
Remarques	Fonction Nitrate (NO ₃ ⁻) Propice au grossissement du fruit, au développement foliaire et donc à l'évapo-transpiration et à la dilution du Calcium, alors qu'une reconcentration en Ca est recherchée	Fonction Chlorure (Cl ⁻) Forme la plus utilisée. En sol salin ou en applications répétées à des stades sensibles, risque de brûlures



Les produits solides pour le sol

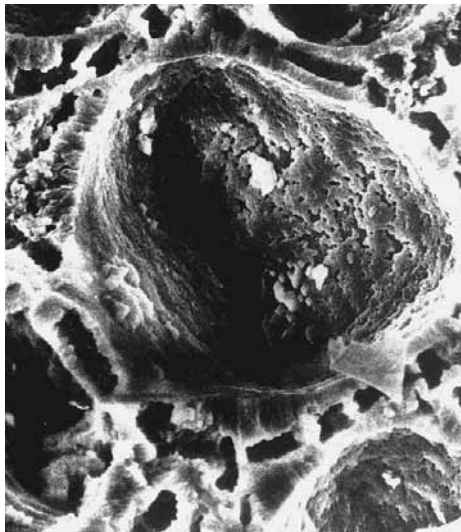
Le groupe Roullier propose aujourd'hui une palette de produits permettant de répondre tant aux besoins du sol qu'à ceux des plantes. Cependant, contrairement aux produits concurrents, le Groupe Roullier a créé des produits qui contribuent à améliorer l'efficacité des produits, en choisissant des matières premières très nobles mais aussi en apportant des substances qui favorisent l'assimilation du Calcium (amino-purines) et son transport (IPA).

Famille Lithothamne : Produits pour le sol à vocation amendante apportant du calcium assimilable

Ce carbonate de Calcium marin, grâce à sa structure très poreuse et une très grande finesse de broyage, agit sur la structure du sol (effet Ca⁺⁺) et sur le pH (CO₃⁻) de façon efficace, rapide et durable en préservant l'activité de la faune et la flore du sol.

La structure du Maerl, préservée de toute pression, garde ses propriétés et confère au Lithothamne une réelle vocation fertilisante avec un Calcium alimentaire disponible.

Ceci ne se limite d'ailleurs pas qu'aux plantes puisque le Lithothamne est aujourd'hui utilisé tant en nutrition animale qu'en nutrition humaine



Produits au Physio + : Physiolith, Oligomagnésien +: Produits amendants et fertilisants Calcium

Le groupe Roullier a cherché à améliorer l'absorption racinaire du Calcium, indispensable au bon fonctionnement de la plante. Grâce au travail de recherche du Laboratoire de Biotechnologies Marines en coopération avec l'équipe du Dr Van Staden, les molécules végétales responsables de l'assimilation du Calcium dans la plante, appelées amino-purines, ont été non seulement identifiées mais en outre, ont pu être extraites pour être ensuite assimilées au Lithothamne 400 (Brevet 9707222).

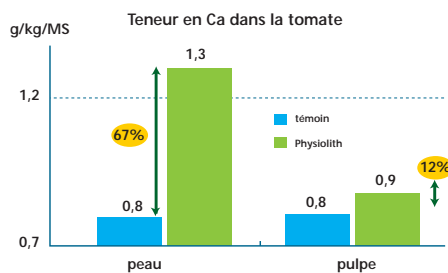
Ainsi, tout en conservant les avantages du Lithothamne 400 au niveau amendement, ces produits permettent une meilleure absorption du Calcium, ce qui, comme nous l'avons vu dans le premier chapitre, a des conséquences directes sur la physiologie de la plante :

une meilleure alimentation calcique avec des teneurs en Calcium plus élevées non seulement dans la pellicule des fruits mais aussi dans la pulpe

Produits liquides avec IPA : Fertileader



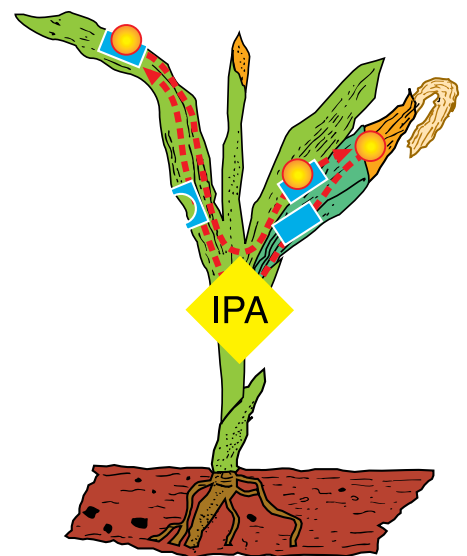
(Une meilleure germination et un meilleur développement racinaire)



Source : Agroressources 2000

Magical et Fertileader Ca

Aujourd'hui, le problème majeur des produits de marché reste la migration du Calcium à partir des organes d'application. En utilisant comme support de base du chlorure de Calcium, sans conséquence sur la croissance des fruits, le groupe a introduit une molécule, IPA, Brevet 9700763, qui améliore le transport des éléments dans la plante. Alors que le Calcium circule majoritairement dans la sève brute, grâce à sa systémie, l'IPA permet un transport des éléments notamment dans le phloème et donc une redistribution des éléments dans l'ensemble de la plante. Ainsi le Calcium est mieux redistribué et donc plus efficace par rapport aux problèmes de texture des fruits et de conservation.



- Acide aminé ou complexe AA/élément minéral
- Transporteur + AA/complexe
- Transporteur inactif
- Transporteur actif