



Prévention de la perte de fer chélaté DTPA par adjonction de manganèse, de zinc ou de cuivre chélaté dans la solution nutritive

Sans chélates de fer, obtenir de hauts rendements en culture hydroponique ou faisant appel à d'autres systèmes d'apport en eau serait difficile. La molécule de DTPA est le chélate habituel des engrais au fer utilisés dans les systèmes hydroponiques modernes. Cependant, d'autres cations métalliques non chélatés, dissous dans une solution nutritive, peuvent concurrencer le Fe pour la molécule de DTPA.

La biodisponibilité en Fe pour la plante peut s'en trouver réduite. Au cours d'un essai expérimental sur des tomates cultivées sur cubes de laine de roche en serre, l'apport de fer sous forme de Fe-DTPA (Ultrasol® micro Rexene® FeD12) à raison de 7 ou 10 μmol de Fe/L a produit une plus forte concentration de Fe dans la zone racinaire moyennant l'application de Zn, Cu et Mn chélatés EDTA, par rapport à l'application de leurs sels de sulfate combinée à de l'Ultrasol® micro Rexene® FeD12.

La perte de fer chélaté due à l'application combinée de sulfate de zinc, de cuivre ou de manganèse est désormais confirmée par une publication scientifique qui traite des cultures sur des milieux inertes tels que la laine de roche.

Référence : Bin, L.M., Moerkens, R., Noordam, A., van Aert, R. et Bugter, M.H.J. (2020). The effect of chelating Zn, Cu and Mn on plant Fe nutritional status of hydroponically grown tomato plants. *Acta Hort.* 1273, 199-206.

<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2020.1273.27>

Les cultures ont besoin de fer (Fe) pour produire la chlorophylle, le pigment vert essentiel à la photosynthèse.

C'est pourquoi une carence en fer chez les plantes peut se manifester de manière

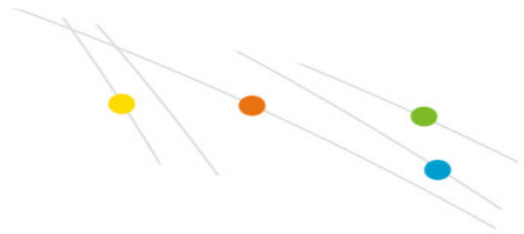


visible par une chlorose, un jaunissement des feuilles. Même une diminution moins visible de la teneur des feuilles en chlorophylle réduit la fixation du carbone et, en définitive, le rendement commercialisable des cultures.

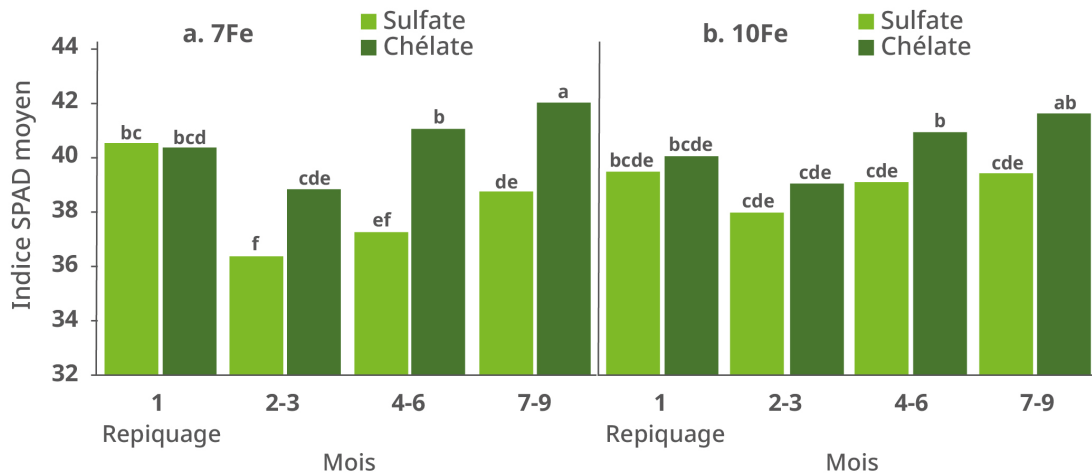
Concernant les cultures sur substrat, il est difficile de garantir un apport suffisant en Fe disponible sous une forme assimilable par la plante. Dans les conditions de pH effectives, le fer ajouté dans la solution nutritive précipite inévitablement. Cela se produit dès que le pH des sols dépasse une valeur de 7 et peut déjà se produire à un pH supérieur à 4 dans les solutions nutritives ou le milieu hydroponique.

La raison à cela est que dans les conditions d'un pH neutre à basique, l'eau contient de l'élément Fe sous forme d'hydroxyde, en grande partie insoluble. Dans les solutions nutritives complètes, la solubilité du fer est encore plus compromise par la précipitation avec les phosphates ou les carbonates. Par conséquent, l'apport de Fe sous forme de sel simple (par exemple du sulfate de fer) dans ces systèmes entraîne rapidement une précipitation, rendant le fer indisponible pour une assimilation par la plante.

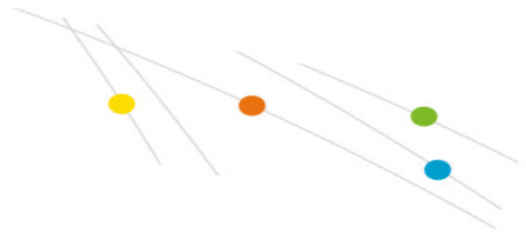
Depuis l'introduction de l'utilisation des chélates EDTA comme moyen stable et efficace de fournir du Fe aux cultures en hydroponie, cette pratique est vite devenue courante parmi les cultivateurs, et a été remplacée depuis par un chélate de fer amélioré, au DTPA. Le succès du Fe-DTPA est dû à sa stabilité dans un plus large intervalle de pH par rapport au Fe-EDTA (pH compris entre 1,5 et 6,5 environ pour le Fe-EDTA, contre 1,5 à 7,5 pour le Fe-DTPA), assurant un apport en Fe plus fiable et stable aux cultures hydroponiques.



Cette expérience démontre que l'application de Mn, de Zn et de Cu non chélatés combinée au Fe-DTPA réduit la performance des plantes ainsi que le rendement. Cela rappelle l'importance d'établir l'apport approprié en micronutriments pour les cultures sur des substrats inertes, comme la laine de roche ou les sols sableux à faible capacité d'échange cationique (CEC). Sans un apport suffisant en micronutriments, ou sans un apport en micronutriments spécifiques sous la forme chélatée appropriée, les rendements peuvent être sous-optimaux.



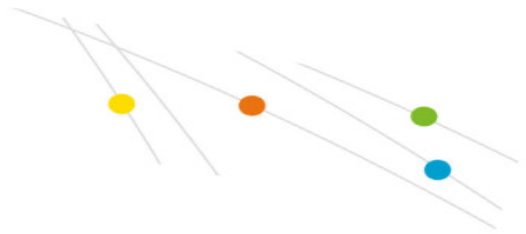
SHAPE * MERGEFORMAT <v:rect id="Rectangle_x0020_28" o:spid="_x0000_s1030" style='width:14.55pt;height:14.55pt;visibility:visible;mso-wrap-style:square; mso-left-percent:-10001;mso-top-percent:-10001;mso-position-horizontal:absolute; mso-position-horizontal-relative:char;mso-position-vertical:absolute; mso-position-vertical-relative:line;mso-left-percent:-10001;mso-top-percent:-10001; v-text-anchor:top' o:gfxdata="UESDBBQABgAIAAAAIQC75UiUBQEAAAB4CAAATAAAAW0NvbnRlbnRfVHlwZXNdLnh"



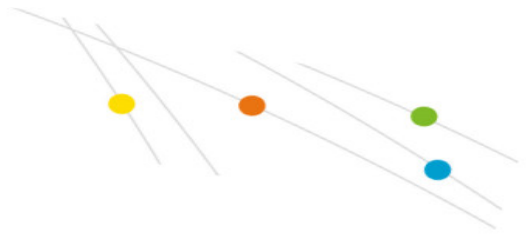
dyTewfKKEqcMCKEmHfgZgaE8wMW+SSwc27JvS/v23KTJgkoXFsu+P+c7OI5vDoMTe0zZBI/LVv
gV4HY31Xy4/tS3EvRSbwBlzwWMsjZrlprq/W22PELHjb51r2RPFbqax7HCCXlaLnThvSAMTP1Kkl
+gs6VLdVdad08ISeCho1ZLN+whZ2jsTzgcnsjwldluLxNDiyagkxOquB2Knae/OLUsyEkjenmdzb
mG/YhlRnCWpnb8C898bRJGtQvEOiVxjYhtLOxs8AySiT4JuDystlVV4WPem6tK3ValLeDZxIOSsu
ti/jidNGNZ3/J08yC1dNv9v8AAAA//8DAFBLAwQUAAYACAAAACEArTA/8cEAAAAYAQAAcWAAAF9
ZWxzLy5yZWxzhl/NCslwEITvgu8Q9m7TehCRpr2I4FX0AdZk2wbbJGTj39ubi6AgeJtl2G9m6vYx
jeJGka13CqqiBEFOe2Ndr+B03C3WIDihMzh6RwqexNA281I9oBFTfuLBBhaZ4IjBkFLYSMI6oAm5
8IFcdjofj0z5jL0MqC/Yk1yW5UrGTwY0X0yxNwri3lQgjs+Qk/+zfdZTVuvrxO59CNCmoj3vCwj
MfaUFOjRhrPHa4Wv0VV5OYgm1p+LW1eAAAA//8DAFBLAwQUAAYACAAAACEAzDspOvECAA
HwAAAGNsaXBib2FyZC9kcmF3aW5ncy9kcmF3aW5nMS54bWVkbWV1v2jAQ/j5p/8Hy9zQJC5BET
SDWpW6uy/gDjGGLNsTPbvG3af9/ZCYXsaR9WPoB9vnt8z3N35vj61wi0YdpwJQscX0QYMUIVxeV
wM/fyiDFyFgiKyKUZAXeM4Ovrz5+uCT5SpO25hQBgjQ5KXBtbZuHoaE1a4i5UC2TcLZUuiEWtno
VppsAbkR4SCKRmFDuMRXR6gpsQStNf8PKKHod1ZNiNwQA5CC5qeWPkdb349Mcrm50+28fdQ
86gRrwoMyknSgEQ47A96N9iGZ1GrI8BuqRvnr5ZLtPMoe/ftMdjOlgrGOE3G6RAjCkf9urujfvhL
FK1n/4yDZLpLYXGSiGldGnLzltkAeqCj9sQo9MJKMAS2A81DgGnvoQgGSTWpwYndmBbclWOIPp
Vtuakco4cycMKNghejGOYCDrYvtFVaAoWVvl++T/xXohTfJWG3vHVIPcosAakvTgZHNvbJfTwcUr
okouhCcr5CsDYHYWqBOEujNXMd/Av7Iom6WzNAmSwWgWJNF0GtyUkyQYIfF4OP00nUym8W9
Na8qjt01h2GKkzed2nCqIVFLe0FVE0K7cMoOAwXjFEfHcTJK8MrBuZSMXi0mQqMNEQUu/adX/sQ
fj2G71jgckYpHiTR7SALyIE6DplyGQbZOEQDKM5us1GUZMm0fE3pnkv2fkpoW+BsOBj6Kp0kfcYt
8p+33EjecMs0ErwpcPriRHLXiDNZ+dJawkW3PpHCpX+UAsp9KDQsTf8A2N3cD47d3apq7wRbw
r1bQXPAowONqH+

BrKRTwoIK3GNVK/zy3OT8oOpxgtlWntcDmx5pohpH4LGFesjhJAM76TTIcD2Cj

T08WpydEUoAqsMwoW04s7CBk3Wq+quGm2Msp1Q0M15L3jd/I7IglY+d2L5hXxzNksnokmjwB



XWAmg+d5rzd4gChHEdaGzVv3XHQD1ankZQPHs9fZh/b/Ju4v4HR/9QcAAP//AwBQSwMEFAAGA
AAAhAJJ9h⁺
AdBwAASSAAABoAAABjbGlwYm9hcmQvdGhWUvdGhWUxLnhtbOxZS28bNxC+F+h/
WOy9sWS9YiNyYMly3MQvREqKHCmJ2mXMXS5Iyo5uRXLqpUCBtOihAXrroSgaoAEa9NifY8BBm
DrkvUqLiB1wgKGwBxu7sN8PhzOzM7PDO3WcR9Y4xF4TFbb96q+J7OB6xMYmDtv9osP3Zbd8T
RFmM2/4MC//uxqef3EHrl0qSIUN8PAhxhD0QFit11PZDKZP1IRUxAjISt1iCY3g2YTxCem55sDLm
6AQWiOjKaqXSXIkQif0NkCiVoB6Ff7EUijCivK/EYC9GEax+MJmQEdbY8VfVlcRMdCn3jhFt+yBz
zE4G+Jn0PYqEhAdtv6L//JWNOytoPWOicgmvwbet/zK⁺
jGF8tKrX5MGwWLReb9Sbm4V8DaByEddr 9Zq9ZiFPA9BoBDtNdbFltla79QxrgNJLh⁺
yt1latauEN+bUFnTcb6mfhNSiVX1/Ab293wYoWxoNS
fGMB3+isdbZs+RqU4psL+FZlc6vesuRrUEhJfLSArjSatW6+2wlyYXTHCV9r1Ldbq5nwEgXRUESX
WmLCYrks1iL0IPftACggRZLEnpwlelJGEJNdRMmQE2+XBCEEXojiJoBcWa1sV2rwX/3q+kp7FK1j
ZHArvUATsUBS+nhixEki2/59kOobkLO3b0+fvlz9/vvpixenz3/N1taiLL4dFAcm³
/ufvvn1Zfe
37/9+P7lt+nS83hh4t/98tW7P/78kHjYcWmKs+9ev3vz+uz7r//6+aVD+iZHQxM+IBEW3j4+8R6
CDbo0B8P+eU4BiEijsdmHAgUI7WKQ35PhhZ6f4YocuA62LbjYw6pxgW8N31qKdwP+VQSh8QH
9xijHcadVnig1jLMPJjGgXtxPjVxDxE6dq3dRbHI5d40gRxLXCK7IbbUPKQolijAMZaeesaOMHbs
7gkhll33ylgzwsbSe0K8DijOkwzl0lqmkmHROCXmUtB8Ldlm73HXodR16638LGNhHcDUYfyA0
M95DU4kil8gBiqhp8F0kQ5eS/RkfmBiekODpAFPm9cZYCBfPAYf9Gk5/AGnG7fy9OotsJjfkyCVz
FzFmIrfYUTdEUeLC9kkcmtjPxRGEKPIOmXTB95j9hqh78AOKI7r7McGWu8/PBo8gw5oqlQGinky5
w5f3MLPitz+jE4RdqWaTR1aK3eTEGR2daWCF9i7GFJ2gMcbeo88dGnRYYtm8VPp+CFIIB7sC6z6
Y1Xdx1hgTzc3i3lylwgrZPs4YEv02ZvNJZ4ZiiPEl0neB6+bNu9BqYtcAXBAR0cmcJ9Avwfx4jTK
gQAZRnAvIXoYlquAqXvhjtcZt/x3kXcM3sunlhoXec+BB1+aBxK7yfNB2wwQtRYoA2aAoMtwpVtq

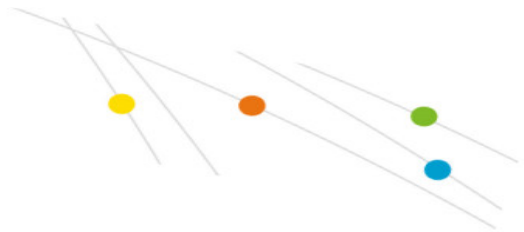


sdxfsqjiqtmmTr6J/dKWboDuyGp6lhKf2wHN9T6N/673gQ7j7ldXjpftevodt2ArWV2y01mWTHbm
+ptluPmupsv4mHz8Tc0WmsaHGOrlYsa66Wluehr/f9/TLHufbzqZZf3GTSfjQ4dx08lkW5Xr6WTK
5gX6GjXwSAC9euwTLZ36TAilfTmjeFfowY+A75nxNhAVn55u4mlKmlRwqcocLGDhAo40j8eZ/ILI
sB+iBKZDVV8JCUQmOhBewgQMjTTZKVvh6TTaY+N02FmtqsFmWlkFkiW90ijoMKiSKbrZKgd4hX
baAHrbkCivcyShiL2UrUHEq0cqlykh7rgtEcSuidXYsWaw4tbivxuasWtADVCq/AB7cHn+ltv1EH
FmCCeRw052Plp9TVuXe1M6/T08uMaUUANNh5BJSeXIO6Lt2e2l0aahfwtKWEeW62EtoyusETIXw
Z9GpqBdR47K⁺

XitdaqmnTKHXg9Aq1Wjd/pAWV/U18M3nBhqbmYLG3knbb9YaEDIjILT9CQyN4TJK
IHAE+uZCNIDjlpHk6Qt/lcyScCG3kAhTg+ukk2aDiEjMPUqitq+2X7iBxjqHaN2qq5AQPlrl1iCt
fGzKgdNtj+PjBI+k6XaDoiyd3kKGT3OF86lmvzpYcblpuLsfjk⁺
8IZ3yhwhCrNGqKg00iYCzg2pq

zTGBw7AikZXxN1eYsrRrnkbpGErpiCYhyiqKmcxTuE7lhTr6rrCBcZftGQxqmCQrhMNAFVjTqFY1
LapGqsPSqns+k7KckTTLmmlIFVU13VnMWiEvA3O2vFqRN7TKTQw5zazwaeqeT7lrea6b6xOKKg
L+znqLoXKAiGauVilmpK48U0rHJ2RrVrR77Bc1S7SJEwsn4zFztnt6JGOjcd4pUqP/DNRy2QJnlf
qS3tOtjeQ4k3DKptHw6XYTj4DK7geNoH2qqirSoaXMGZM5SL9KC47WcXOQWep5QCU8sptRxTz
nNLIKY2c0swpTd/TJ6pwiq8OU30vPzCFGpYdsGa9hX36v/EvAAAA//8DAFBLAwQUAAYACAAAACE
nGZGQbsAAAAkAQAAGAAAGNSaXBib2FyZC9kcmF3aW5ncy9fcmlvscy9kcmF3aW5nMS54bWw
c4SPzQrCMBCE74LvEPZu0noQkSa9iNCr1AclyTYtNj8kUezbG+hFQfCyMLPsN7NN+7lzeWJmK3c
aloBQae8npzhcOsvuyOQIKXTcvYOOSyYoBXbTXPFWeZyIMYpjFloLnEYcw4nxpla0cpEfUBXNoOP
VuYio2FBqrs0yPZVdWDxkwHii0k6zSF2ugbSL6Ek/2f7YZgUnr16WHT5RwTLpRcWoIwGMwdKV2
NS1dgYmGff0m³

gAAAP//AwBQSwECLQAUAAYACAAAACEAu+VIIAUBAAAEAgAAEwAAAAAAAAAAAAAAAAA
AAAAAAAAAW0NvbnRlbnRfVHlwZXNdLnhtbFBLAQItABQABgAIAAAAIQCTMD/xwQAAADIBAAALAA



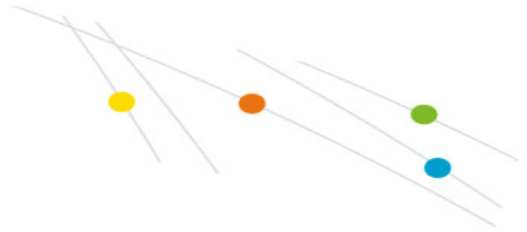
AAAAAAAAAAAAADYBAABfcmVscy8ucmVsc1BLAQItABQABgAIAAAAIQDMNKK68QIAAKIGAAAF
 AAAAAAAAAAAAAACACAABjbGlwYm9hcmQvZlJhd2luZ3MvZlJhd2luZzEueG1sUEsBAi0AFAAGA
 AAhAJj9h+AdBwAASSAAABoAAAAAAAAAAAAAAAAAATgUAAGNsaXBib2FyZC90aGVtZS90aGVt
 eG1sUEsBAi0AFAAGAAgAAAAhAJxmRkG7AAAAJAEAAACoAAAAAAAAAAAAAAAAAowwAAGNsaXB
 ZC9kcmF3aW5ncy9fcmVscy9kcmF3aW5nMS54bWwucmVsc1BLBQYAAAAABQAFAGcBAACmD
 " filled="f" stroked="f">

Figure 1. Évolution de l'indice SPAD au cours du temps. Les lettres indiquent des différences statistiquement significatives (test des étendues de Tukey avec $\alpha \leq 0,05$). a : solution nutritive au Fe-DTPA à 7 $\mu\text{mol/L}$; b : solution nutritive au Fe-DTPA à 10 $\mu\text{mol/L}$. Sulfate : apport de Cu, Mn et Zn sous forme de sels de sulfate. Chélate : apport de Cu, Mn et Zn sous forme chélatée EDTA.

Il est cependant possible de remplacer le fer du chélate DTPA par d'autres cations métalliques essentiels à la croissance de la plante, tels que le cuivre (Cu), le manganèse (Mn) ou le zinc (Zn), s'ils sont ajoutés dans la même solution nutritive sous la forme de sels de sulfate (CuSO_4 , MnSO_4 , ZnSO_4). Comme ces cations se substituent à Fe, ce dernier précipite et devient indisponible pour la plante. Il est recommandé d'appliquer ces cations entièrement chélatés à l'EDTA pour prévenir la perte de production associée à la disponibilité moindre en micronutriments.

Dans cet essai, la perte de Fe et la diminution de la production associée ont été comparées à une solution nutritive contenant tous ces micronutriments sous leur forme chélatée et à une solution nutritive où seul du fer était appliqué sous forme chélatée DTPA. De plus, deux teneurs en Fe dans la solution nutritive ont été incluses.

L'essai, mis en place dans une serre moderne du Centre de recherches de Hoogstraten (Belgique), a porté sur le cultivar de tomate en grappe *Merlice*, de grand

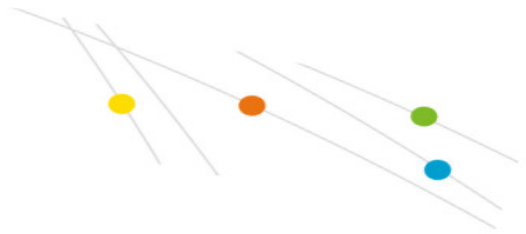


intérêt commercial, durant son cycle de production entier (de janvier à novembre).

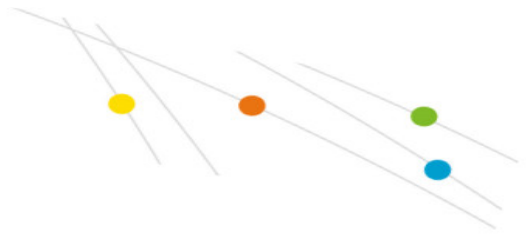
Les plants ont été greffés à des porte-greffe *Maxifort* et plantés dans des cubes de laine de roche, et une densité de peuplement de 3,3 pieds/m² a été maintenue.



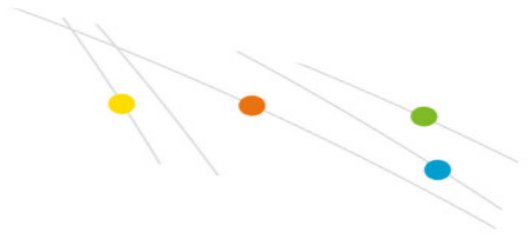
SHAPE * MERGEFORMAT <v:rect id="Rectangle_x0020_26" o:spid="_x0000_s1029" style='width:14.55pt;height:14.55pt;visibility:visible;mso-wrap-style:square; mso-left-percent:-10001;mso-top-percent:-10001;mso-position-horizontal:absolute; mso-



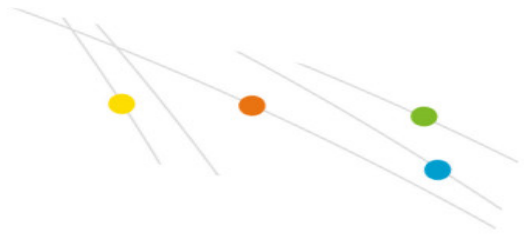
position-horizontal-relative:char;mso-position-vertical:absolute; mso-position-vertical-
relative:line;mso-left-percent:-10001;mso-top-percent:-10001; v-text-anchor:top'
o:gfxdata="UESDBBQABgAIAAAAIQC75UiUBQEAAAB4CAAATAAAAW0NvbnRlbnRfVHlwZXNdLnh
dyTewfKKEqcMCKEmHfgZgaE8wMW+SSwc27JvS/v23KTJgkoXFsu+P+c7OI5vDoMTe0zZBI/LVV
gV4HY31Xy4/tS3EvRSbwBlzwWMsjZrlprq/W22PELHjb51r2RPFBqax7HCCXlaLnThvSAMTP1Kkl
+gs6VLdVdad08ISeCho1ZLN+whZ2jsTzgcnsjwldluLxNDiyagkxOquB2Knae/OLUsyEkjenmdzb
mG/YhIRnCWPNb8C898bRJGtQvEOiVxjYhtLOxs8AySiT4JuDystIVV4WPeM6tK3ValLeDZxIOSsu
ti/jidNGNZ3/J08yC1dNv9v8AAAA//8DAFBLAwQUAAYACAAAACEArTA/8cEAAAAYAQAAcWAAAF9
ZWxzLy5yZWxzhl/NCslwEITvgu8Q9m7TehCRpr2I4FX0AdZk2wbbJGTj39ubi6AgeJtI2G9m6vYx
jeJGka13CqqiBEFOe2Ndr+B03C3WIDihMzh6RwqexNA281I9oBFTfuLBBhaZ4IjBkFLYSMI6oAm5
8IFcdjofj0z5jL0MqC/Yk1yW5UrGTwY0X0yxNwri3IQgjs+Qk/+zfdZTVuvrxO59CNCmoj3vCwj
MfaUFOjRhrPHa4Wv0VV5OYgm1p+LW1eAAAA//8DAFBLAwQUAAYACAAAACEAo6xGPPECAAO
HwAAAGNsaXBib2FyZC9kcmF3aW5ncy9kcmF3aW5nMS54bWykVdtu2zAMfR+wfxD07trOnMQ
EhcDurVo1g9QbCUWJkuepNw27N9HyXbjpsMe1jwkEkUe8RySyuX1oeZoR5VmUmQ4vAgwoqK
DD9/y70YI22IKAmXgmb4SDW+vvr44ZKkG0WaihUIEIROSYYrY5rU93VR0ZroC9IQAWdrqWpiYK
fqnlHpBr7o+CYOLXhAl8dYKaE0PQVrH/gOKy+E7LGRE7ogGSF+nQ0uXli/cjk1Ts7ISzbB6Vzbz4
untUijUZBuUEqUEi7HcHnRts/bOozQngsFa19ZfrNTto4IKP9dhj0YFABxjCOpvEYowKOunV7R/Xw
l6iiWvwzDpJpL4XFIBHd2DTE7i2z0aSn9kQL6IUNpwhsPc0+QDf3UASNhJxV4ERvdAPukDFE9yal
5L6ipNTW3AoDCrYITqQTGMi62n+RjShKtka6Pvl/sV5Ik7RR2txRWSO7yLCCJB042d1r0+bUuzhF
ZM44d2S5eGUAzNYCdYJQe2Yr5hr4VxIki3gRR140miy8KJjPvZt8FnmTPJyO55/ms9k8/G3vDaO0
YmVJhb2mH6YwetOpNSuU1HjtLgpZ+9AurKD9QME4hcFpnLTkrLRwNiWtNqsZV2hHelZz9+mUH
r9NwHQtcziiFoyi4HSVePomnXpRHYy+ZBrEXhMltMgmijJrnryndM0HfTwntM5yMR2NXpUHSZ9w
93nLjaQ1M1Qhzuomxy9OJLWNuBCIK60hjLfrgRQ2/ZMUUO6+0LDU3QNgDks3OOZwK8ujFWwF



SkJzwaMAj6t5gK81l8Cj4KzBqJLq57nN+kHR4QSjPTytGdY/tkRRjPhnAfOShFEEcMZtovF0BBs1
PFkNT4goACrDBqN2OTOwg5Bto9imgptCJ6eQNzBca9Y1fpu7ZcG1WZojp04dx5CK8pEo8gTcOM
hqnwnped3uABopxE2Gq6bOxz0Q5Uq5KTDRzPXmcX2v2b2L+A4f7qDwAAAP//AwBQSwMEFAA
AAAhAJJ9h+AdBwAASSAAABoAAABjbGlwYm9hcmQvdGhWUvdGhWUxLnhtbOxZS28bNxC+
WOy9sWS9YiNyYmly3MQvREqKHCmJ2mXMXS5Iyo5uRXLqUCBtOihAXrroSgaoAEa9NifY8BBm,
DrkvUqLiB1wgKGwBxu7sN8PhzOzM7PDO3WcR9Y4xF4TFbb96q+J7OB6xMYmDtv9osP3Zbd8T
RFmM2/4MC//uxqef3EHrI0qSIUN8PAhxhD0QFit11PZDKZP1IRUxAjISt1iCY3g2YTxCEm55sDLm
6AQWiOjKaqXSXIkQif0NkCiVoB6Ff7EUijCivK/EYC9GEax+MjmqEdbY8VfVlCmRdCn3jhFt+yBz
zE4G+Jn0PYqEhAdtv6L//JWNOytoPWOicgmvwbet/zK+jGF8tKrX5MGwWLRb9Sbm4V8DaByEd
9Zq9ZiFPA9BoBDtNdbFltla79QxrgNJLh+yt1latauEN+bUFnTcb6mfhNSiVX1/Ab293wYoWXoNS
fGMB3+isdbZs+RqU4psL+FZlc6vesuRrUEhJfLSArjSatW6+2wlyYXTHCV9r1Ldbq5nwEgXRUESX
WmLCYrks1iL0IPftACggRZLEnpwlelJGEJNdRMmQE2+XBCEEXojiJoBcWa1sV2rwX/3q+kp7FK1j
ZHArvUATsUBS+nhixEki2/59kOobkLO3b0+fzvl9/vvpixenz3/N1taiLL4dFAcm³
/ufvvn1Zfe
37/9+P7lt+nS83hh4t/98tW7P/78kHjYcWmKs+9ev3vz+uz7r//6+aVD+iZHQxM+IBEW3j4+8R6
CDbo0B8P+eU4BiEijsdmHAgUI7WKQ35PhhZ6f4YocuA62LbjYw6pxgW8N31qKdwP+VQSh8QH
9xijHcadVnig1jLMPjJGgXtxPjVxDxE6dq3dRbHI5d40gRxLXCK7IbbUPKQolijAMZaeesaOMHbs
7gkhll33ylgzwSbSe0K8DijOkwzl0lqmkmHROCXmUtB8Ldlm73HXodR16638LGNhHcDUYfyA0
M95DU4kil8gBiqhp8F0kQ5eS/RkfmBiekODpAFPm9cZYCBfPAYf9Gk5/AGnG7fy9OotsJjfkyCVz
FzFmIrfYUTdEUeLC9kkcmtjPxRGEKPIOmXTB95j9hqh78AOKI7r7McGWu8/PBo8gw5oqlQGinky5
w5f3MLPitz+jE4RdqWaTR1aK3eTEGR2daWCF9i7GFJ2gMcbeo88dGnRYYtm8VPp+CFIIB7sC6z6
Y1Xdx1hgTzc3i3lylwgrZPs4YEv02ZvNJZ4ZiiPEl0neB6+bNu9BqYtcAXBAR0cmcJ9Avwfx4jTK
gQAZRnAvIXoYlquAqXvhjtcZt/x3kXcM3sunlhoXec+BB1+aBxK7yfNB2wwQtRYoA2aAoMtwpVtq



sdxfsqjiqtmTr6J/dKWboDuyGp6lhKf2wHN9T6N/673gQ7j7ldXjpftevodt2ArWV2y01mWTHbm
+ptluPmupsv4mHz8Tc0WmsaHGOrlYsa66Wluehr/f9/TLHufbzqZZf3GTSfjQ4dx08lkW5Xr6WTK
5gX6GjXwSAC9eWTLZ36TAilfTmjeFfowY+A75nxNhAVn55u4mIKmlRwqcocLGDhAo40j8eZ/ILI
sB+iBKZDVV8JCUQmOhBewgQMjTTZKVvh6TTaY+N02FmtqsFmWlkFkiW90ijoMKiSKbrZKgd4hX
baAHrbkCivcyShiL2UrUHEq0cqlykh7rgtEcSuidXYsWaw4tbivxuasWtADVCq/AB7cHn+Itv1EH
FmCCeRw052Plp9TVuXe1M6/T08uMaUUANNh5BJSeXIO6Lt2e2l0aahfwtKWEeW62EtoyusETIXw
Z9GpqBdR47K+XitdaqmnTKHXg9Aq1Wjd/pAWV/U18M3nBhqbmYLG3knbb9YaEDIjILT9CQyN4
lHaE+uZCNIDjlpHk6Qt/lcyScCG3kAhTg+ukk2aDiEjMPUqitq+2X7iBxjqHaN2qq5AQPIrl1iCt
fGzKgdNtj+PJBI+k6XaDoiyd3kKGT3OF86lmvzpYcblpuLsfjk⁺
8lZ3yhwhCrNGqKgOOiYCzg2pq
zTGBw7AikZXxN1eYsrRrnkbpGERpiCYhyiqKmcxTuE7lhTr6rrCBcZftGQxqmCQrhMNAFVjTqFY1
LapGqsPSqns+k7KckTTLmmllFVU13VnMWiEvA3O2vFqRN7TKTQw5zazwaeqeT7lrea6b6xOKKg
L+znqLoXKAiGauVilmpK48U0rHJ2RrVrR77Bc1S7SJEwsn4zFztnt6JGOJcD4pUqP/DNRy2QJnlf
qS3tOtjeQ4k3DKptHw6XYTj4DK7geNoH2qirSoaXMGZM5SL9KC47WcXOQWep5QCU8sptRxTz
nNLIKY2c0swpTd/TJ6pwiq8OU30vPzCFGpYdsGa9hX36v/EvAAAA//8DAFBLAwQUAAYACAAAACE
nGZGQbsAAAAkAQAAGAAAGNSaXBib2FyZC9kcmF3aW5ncy9fcmVscy9kcmF3aW5nMS54bWw
c4SPzQrCMBCE74LvEPZu0noQkSa9iNCr1AclyTYtNj8kUezbG+hFQfCyMLPsN7NN+7lzeWJMk3c
aloBQae8npzhcOsvuyOQIKXTcvYOOSyYoBXbTXPFWeZylMYpJFloLnEYcw4nxpla0cpEfUBXNoOP
VuYio2FBqrs0yPZVdWDxkwHii0k6zSF2ugbSL6Ek/2f7YZgUnr16WHT5RwTLpRcWolwGMwdKV2
NS1dgYmGff0m³
gAAAP//AwBQSwECLQAUAAYACAAAACEAu+VIIAUBAAAEAgAAEwAAAAAAAAAAAAAAAAA
AAAAAAAAAW0NvbnRlbnRfVHlwZXNdLnhtbFBLAQItABQABgAIAAAAIQCtMD/xwQAAADIBAAALAA
AAAAAAAAAAAAADYBAABfcmVscy8ucmVsc1BLAQItABQABgAIAAAAIQCjrEY88QIAAKIGAAAFAA



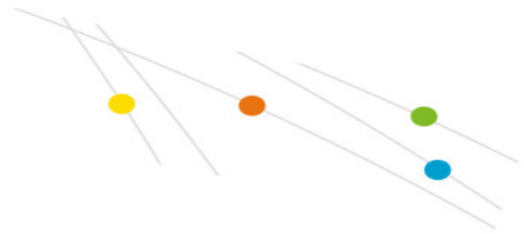
AAAAAAAAAAAAACACAABjbGlwYm9hcmQvZHJhd2luZ3MvZHJhd2luZzEueG1sUESBAi0AFAAGA
AAAhAJJ9h+AdBwAASSAAABoAAAAAAAAAAAAAAAAAATgUAAGNsaXBib2FyZC90aGVtZS90aGVt
eG1sUESBAi0AFAAGAAgAAAAhAJxmRkG7AAAAJAEAAACoAAAAAAAAAAAAAAAAAowwAAGNsaXB
ZC9kcmF3aW5ncy9fcmVscy9kcmF3aW5nMS54bWwucmVsc1BLBQYAAAAABQAFAGcBAACmD
" filled="f" stroked="f">

Figure 2. Mesure de l'indice SPAD des tomates au cours de l'essai.

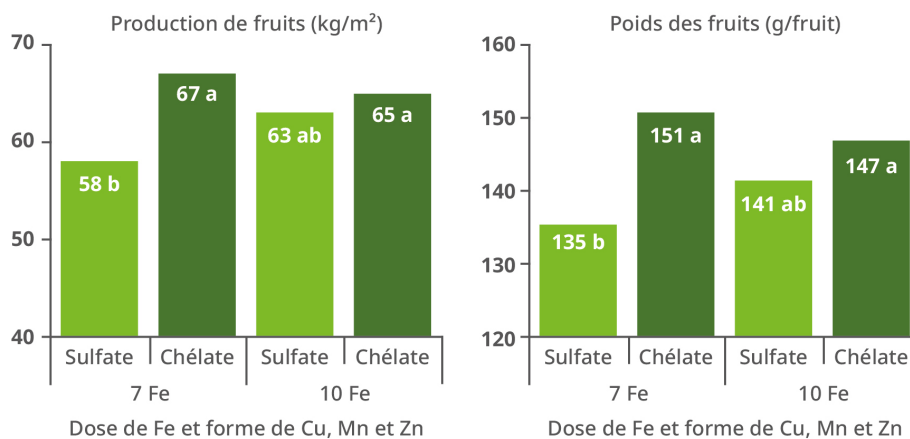
Détails de l'essai

Les traitements ont été mis en œuvre selon un plan factoriel à 2 niveaux avec deux compositions de solution nutritive (« Chélate » : tous les micronutriments chélatés ; « Sulfate » : Fe chélaté uniquement), et deux teneurs en Fe (7 $\mu\text{mol/L}$ (7Fe) contre 10 $\mu\text{mol/L}$ (10Fe)). Tous les autres nutriments ont été fournis selon les recommandations d'un conseiller agricole (Tableau 1). Le pH de la solution nutritive mesuré au cours du temps est passé de 4,8 à 5,1 au niveau du goutte-à-goutte, et de 5,8 à 6,2 en sortie. Les traitements ont été appliqués au moyen de deux systèmes hydriques séparés pour les facteurs « Chélate » et « Sulfate », et de gouttières séparées pour les facteurs 7Fe et 10Fe. L'analyse des résultats des traitements a porté sur un total de 64 pieds, répartis en quatre parcelles de production.

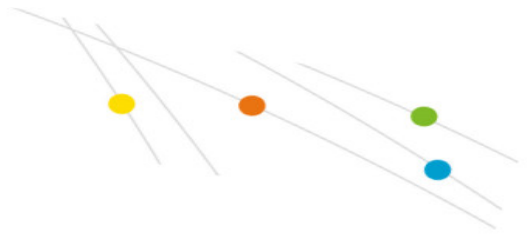
La production de chlorophylle par les feuilles a été surveillée sur la plus jeune feuille complètement développée, avec une mesure hebdomadaire de l'indice SPAD selon un protocole standardisé. Il est fréquent de procéder à des mesures de l'indice SPAD en guise de moyen rapide et non destructif d'estimation de la teneur des feuilles en



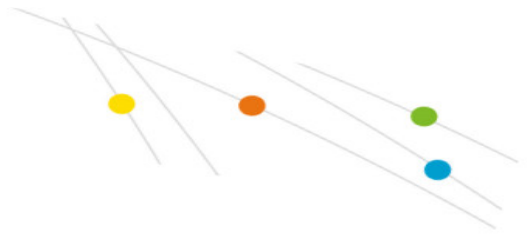
chlorophylle sur la base de l'absorbance de longueurs d'onde lumineuses spécifiques par la surface de la feuille (Figure 2). En général, les différences observées concernant ce paramètre correspondent bien aux différences de teneur des feuilles en chlorophylle induites par les différents apports en Fe aux plantes. De plus, la concentration en Fe de l'eau d'irrigation et en sortie a été analysée deux fois par mois. Également, l'effet sur le rendement total en fruits, le poids des fruits, la pourriture apicale (PA) et la teneur des fruits en calcium a été évalué.



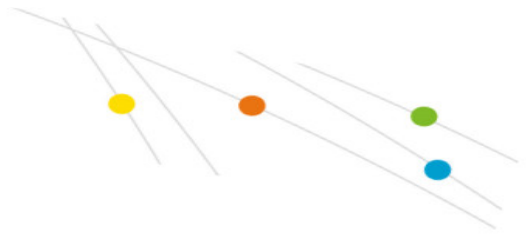
SHAPE * MERGEFORMAT <v:rect id="Rectangle_x0020_24" o:spid="_x0000_s1028" style='width:14.55pt;height:14.55pt;visibility:visible;mso-wrap-style:square; mso-left-percent:-10001;mso-top-percent:-10001;mso-position-horizontal:absolute; mso-position-horizontal-relative:char;mso-position-vertical:absolute; mso-position-vertical-relative:line;mso-left-percent:-10001;mso-top-percent:-10001; v-text-anchor:top' o:gfxdata="UESDBBQABgAIAAAAIQC75UiUBQEAAAB4CAAATAAAAW0NvbnRIbnRfVHlwZXNdLnhdYTewfKKEqcMCKEmHfgZgaE8wMW+SSwc27JvS/v23KTJgkoXFsU+P+c7OI5vDoMTe0zZBI/LVvgV4HY31Xy4/tS3EvRSbwBlzwWMSjZrlprq/W22PELHjb51r2RPFbqax7HCCXIaLnThvSAMTP1Kkl



+gs6VLdVdad08lSeCho1ZLN+whZ2jsTzgcsnJwldluLxNDiyagkxOquB2Knae/OLUsyEkjenmdzb
mG/YhlRnCWpnb8C898bRJGtQvEOiVxjYhtLOxs8AySiT4JuDystlVV4WPem6tK3ValLeDZxIOSsu
ti/jidNGNZ3/J08yC1dNv9v8AAAA//8DAFBLawQUAAYACAAAACEArTA/8cEAAAAYAQAAcWAAAF9
ZWxzLy5yZWxzhl/NCslwEITvgu8Q9m7TehCRpr2l4FX0AdZk2wbbJGTj39ubi6AgeJtl2G9m6vYx
jeJGka13CqqiBEFOe2Ndr+B03C3WIDihMzh6RwqexNA281l9oBFTfuLBBhaZ4lJbKFLYSMI6oAm5
8lFcdjofj0z5jL0MqC/Yk1yW5UrGTwY0X0yxNwri3lQgjs+Qk/+zfdZTVuvrxO59CNCmoj3vCwj
MfaUFOjRhrPHaN4Wv0VV5OYgm1p+LW1eAAAA//8DAFBLawQUAAYACAAAACEA9/E58vACAAC
HwAAAGNsaXBib2FyZC9kcmF3aW5ncy9kcmF3aW5nMS54bWykVdtu2zAMfR+wfxD07trOnMQ
EhcDurVo1g9QbCUWJkuepNw27N9HyXbjpsMe1jwkEkUe8RySyuX1oeZoR5VmUmQ4vAgwoqK
DD9/y70YI22IKAmXgmb4SDW+vvr44ZKkG0WaihUIEIROSYYrY5rU93VR0ZroC9lQAWdrqWpiYK
fqnlHpBr7o+CYOLXhAl8dYKaE0PQVrH/gOKy+E7LGRE7ogGSF+nQ0uXli/cjk1Ts7lSzbB6Vzbz4
untUijUZBUUEqUEi7HcHnRts/bOozQngsFa19ZfrNT04lKP9dhj0YFABxjCOpvEYowKOunV7R/Xw
l6iiWvwzDpJpL4XFIBHd2DTE7i2zUdRTE6lF9MKGUwS2nmYfoJt7KlJGQs4qcKl3ugF3yBiie5NS
cl9RUmprboUBBVSEJ9lJDGRd7b/lEhQlWyNdn/y/WC+kSdoobe6orJFdZFhBkg6c7061aXPqXZwi
MmecO7JcvDIAZmuBOKGoPbMVcw38KwmSRbylly8aTRZeFMzn3k0+i7xJHk7H80/z2Wwe/rb3hl
sbKkwI7TD1MYvenUmhVKark2F4WsfWgXVtB+oGCcWUA0TlpyVlo4m5JWm9WMK7QjPMO5+3T
12m4jgUuZ5TCURTcjhln8RTL8qjsZdMg9gLwuQ2mQRREs3z15TumaDvp4T2GU7Go7Gr0iDpM
+7zIRtKaGaoQZ3WG4xcnktpGXlJSlDYQxtv1QAqb/kkKKHdfaFjq7gEwh6UbHHO4leXRCraCX2he
JaG54FGAx9U8wNeaS+BRcNZgVEn189xm/aDoclLRHp7WDOsfW6loRvyzgHlJwigCOOM20Xg6g
nqyGJ0QUAJVhg1G7nBnYQci2UWxTwU2hk1PIGxiuNesav83dsuDaLM2RU6eOY0hF+UgUeQJuH
w1R4z8tOb/AAUU4ibDVdNva5aAeqVcnJBo5nr7ML7f5N7F/Ach/1BwAA//8DAFBLawQUAAYACAA
ACEAkn2H4B0HAABJIAAAGgAAAGNsaXBib2FyZC90aGVtZS90aGVtZTEueG1s7FILbxs3EL4X6H
7L2xZL1il3JgyXLcx9ESoockYnaZcxdLkjKjm5FcuqIQIG06KEBeuuhKBqgARr00h9jwEGb/ogO

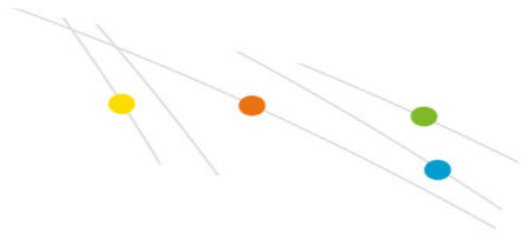


uS9SoulHXCAobAHG7uw3w+HM7Mzs8M7dZxH1jjEXhMVtv3qr4ns4HrExiYO2/2iw/dlt3xMSxWV
WYzb/gwL/+7Gp5/cQesjSplhQ3w8CHGEPRAUi3XU9kMpk/WVFTECMhK3WlJjeDZhPEISbnmwMu
BBal6MpqpDjciRCJ/Q2QKJWgHoV/sRSKMkk8r8RgLOYRrH4wmZAR1tjxUVUhxEx0KfeOEw37IHP
Tgb4mfQ9ioSEB22/ov/8lY07K2g9Y6JyCa/Bt63/Mr6MYXy0qtfkwbBYtF5v1JubhXwNoHIR12v1
mr1mlU8D0GgEO011sWW2Vrv1DGua0kuH7K3WVq1q4Q35tQWdNxivqZ+E1KJvFX8Bvb3fBihZ
YwHf6Kx1tmz5GpTimwv4VmVzq96y5GtQSEl8tICuNjq1br7bAjjhdMcjX2vUt1urmfASBdFQRJda
YsjiuSzWlvSU8W0AKCBFksSenCV4gkYQk11EyZATb5cEIQRegmImgFzRwXxavBf/er6SnsUrWN
cCu9QBOxQFL6eGLESSLb/n2Q6huQs7dvT5+/OX3+++mLF6fPf83W1qlsvh0UBybf+5+++efV
v/34/uW36dLzeGHi3/3y1bs//vyQeNhxaYqz716/e/P67Puv///r5pUP6JkdDEz4gERbePj7xHrll
NujQHw/55TgGISImx2YcCBQjtYpDfk+GFnp/hihy4DrYtuNjDqnGBbw3fWop3A/5VBKHxAdhZAH3
GKMdxp1WeKDWMsw8mMaBe3E+NXEPETp2rd1FseXl3jSBHEtclrshttQ8pCiWKMAxlp56xo4wdu
CSGWXffliDPBjt7QrwoIk6TDMjQiqSaYdE4JeZS0Hwt2Wbvcdeh1HXrrfwsY2EdwNRh/IDTC0z
3kNTiSKXyAGKqGnwXSRDI5L9GR+Zuj6Q4OkAU+b1xlglF88Bh/0aTn8Aacbt9j06i2wkl+TIJXMX
MwYit9hRN0RR4sL2SRya2M/FEYQo8g6ZdMH3mP2GqHvwA4qXuvswZa7z88GjyDDmiqVAaKe
l/cws+K3P6MThF2pZpNHVord5MQZH1pYIX2LsYUnaAxxt6jzx0adFhi2bxU+n4IWWUHuwLrPrj
Vd3HWGBPNzeLeXKXCtk+zhgS/TZm80InhmKI8XSsd4Hr5s270Gpi1wBcEBHRyZwn0C/B/HiNM
ABIGcC+Vehgiq4Cpe+GO1xm³
/HeRdwzey6eWGhd4L4EHX5oHErvJ80HbDBC1FigDZoCgy3CIW2Cx
3F+yqOKq2aZOvon90pZugO7lanoiEp/bAc31Po3/rveBDuPsh1eOl+16+h23YctZXbLTWZZMdu
m2W4+a6my/iYfPxNzRaaxocY6shixrrpaW56Gv9/39Mse59vOpl/cZnj+NDh3HTyWTDlevpZMrn
BfoaNfBIBz167BMtnfpMCKV9OaN4V+jBj4DvmfE2EBWfnm7iYgqYhHCpyhwsYOECjjSPx5n8gsiw
H6IEpkNVXwkjRCY6EF7CBAYNNNkpW+HpNNpj43TYWa2qwWZaWQWSJb3SKOgwqJlputkqB3iF
oAetuQKK9zJKGlvZStQcSrRyojKSHuuC0RxK6j1dixZrDi1uK/G5qxa0ANUKr8AHtwef6W2/UQcW



YlJ5HDTnY+Wn1NW5d7Uzr9PTy4xpRQA02HkElJ5eU7ou3Z7aXRpqF/C0pYQRbrYS2jK6wRMhfA
 0amoF1Hjsr5eK11qqadModeD0CrVaN3+kBZX9TXwzecGGpuZgsbeSdtv1hoQMioUtP0JDI3hMk
 doT65kl0gOOWkeTpC3+VzJjwlbeQCFOD66STZoOISMw9SqK2r7ZfulHGOodo3aqrkBA+WuXWIK
 bMqB020n48kEj6TpdoOiLJ3eQoZPc4XzqWa/Olhxsim4ux+OT7whnfKHCEKs0aoqA46JgLODamr
 MYHDSCKRIfE3V5iytGueRukYSumIjiHKKoqZzFO4TuWFOvqusIFxl+0ZDGqYJCuEw0AVWNOoVjU
 qkaqw9Kqez6TspyRNMuaaWUVVTXdWcxalS8Dc7a8WpE3tMpNDDnNrPBp6p5PuWt5rpvrE4oq
 7OeouhcoClZq5WKWakrjxTSscnZGtWtHvsFzVLtlkTCyFjMXO2e3okY4lwPilSo/8M1HLZAmeV+p
 Le062N5DiTcMqm0fDpdhOPgMruB42gfaqqKtKhpcwZkzllv0oLjtZxc5BZ6nIAJTyym1HFPPKfWc
 0sgpjZzSzCIN39MnqnCKrw5TfS8/MIUalh2wZr2Fffq/8S8AAAD//wMAUESDBBQABgAIAAAAIQCc
 ZkZBuwAAACQBAAAqAAAAY2xpcGjvYXJkL2RyYXdpbmdzL19yZWxzL2RyYXdpbmcxLnhtbC5yZ
 hI/NCslwEITvgu8Q9m7SehCRJr2i0KvUBwjJNi02PyRR7Nsb6EVB8Llws+w3s037sjN5YkyTdxqx
 WgFBp7yenOFw6y+7I5CUpdNy9g45LjigFdtNc8VZ5nKUxikkUigucRhZDifGkhrRykr9QFc2g49W
 5iKjYUGquzTI9IV1YPGTAeKLSTrNIXa6BtlvoST/Z/thmBSevXpYdPIHBMulFxagjAYzB0pXZ501
 LV2BiYZ9/SbeAAAA//8DAFBLAQItABQABgAIAAAAIQC75UiUBQEAAAB4CAAATAAAAAAAAAAAAAA
 AAAAAABbQ29udGVudF9UeXBlc10ueG1sUESBAi0AFAAGAAgAAAAhAK0wP/HBAAAAMgEAAAsA
 AAAAAAAAAAAAAANgEAAF9yZWxzLy5yZWxzUESBAi0AFAAGAAgAAAAhAPfxOfLwAgAAogYAAB8A
 AAAAAAAAAAAAAAIAAAGNsaXBib2FyZC9kcmF3aW5ncy9kcmF3aW5nMS54bWxQSwECLQAUAAY
 ACEAkn2H4B0HAABJIAAAGgAAAAAAAAAAAAAAAAABNBQAAY2xpcGjvYXJkL3RoZW1lL3RoZW1M
 bWxQSwECLQAUAAYACAAAACEAnGZGQbsAAAAkAQAAKgAAAAAAAAAAAAAAAAACiDAAAY2xpc
 L2RyYXdpbmdzL19yZWxzL2RyYXdpbmcxLnhtbC5yZWxzUESFBGAAAAFAAUAZwEAAKUNAAA
 " filled="f" stroked="f">

Figure 3. Rendement moyen total en tomates fraîches et poids des fruits ;
 détermination sur la durée complète de l'essai. Les lettres indiquent des différences



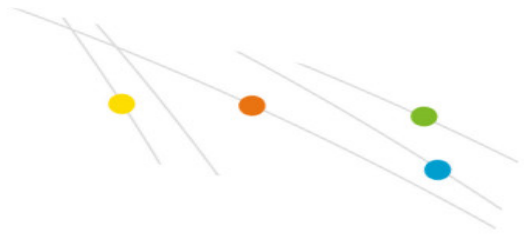
statistiquement significatives (test des étendues de Tukey avec $\alpha \leq 0,05$).

Résultats notables

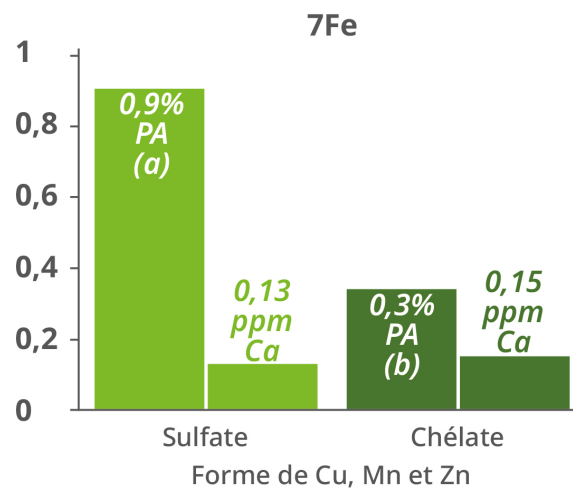
Tout au long du cycle de culture, il n'a pas été observé de chlorose ferrique des plantes. Cependant, les traitements du groupe « Chélate » ont produit un indice SPAD supérieur à celui des traitements du groupe « Sulfate » pour chaque analyse qui a suivi le repiquage (Figures 1a. (7Fe) et b. (10Fe)). De même, les traitements du groupe « Chélate » ont affiché une concentration en Fe dans l'eau d'irrigation et l'eau de sortie supérieure à celle du groupe « Sulfate » (Tableau 2). Cela montre que même si les plantes ne présentent pas de symptômes visuels d'une carence, il se peut qu'un nutriment fasse défaut, empêchant une croissance optimale.

Le rendement en fruits a été supérieur de 4 à 6 % pour le groupe de traitement « Chélate » par rapport au groupe « Sulfate », avec la plus forte différence atteinte pour la concentration 7Fe. Cette différence s'explique principalement par un poids des fruits en moyenne plus élevé dans le groupe de traitement « Chélate » (Figure 3). Le pH de la solution nutritive utilisée dans cette expérience a été contrôlé avec attention ; une valeur maximale de 6,2 a été mesurée dans l'eau de sortie. Avec des systèmes de culture dans lesquels la qualité de l'eau, les unités de fertirrigation ou les réactions physiologiques des plantes au niveau des racines peuvent susciter une augmentation plus marquée du pH au niveau des racines, la perte de Fe et la perte de rendement qui en résulte peuvent être encore plus notables.

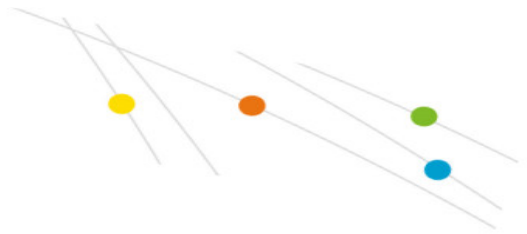
L'incidence de la pourriture apicale a été inférieure à 1 % sur tout l'essai, mais il est



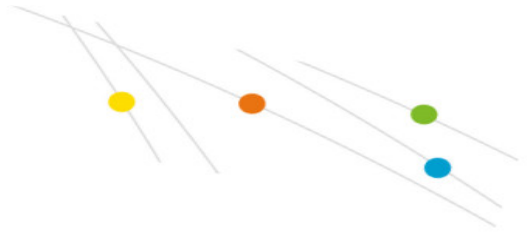
intéressant d'observer que le groupe « Chélate » ont affiché une incidence de pourriture apicale statistiquement inférieure par rapport au groupe « Sulfate » à la dose sous-optimale de 7Fe, soit une concentration en Ca légèrement inférieure dans la matière sèche des fruits (Figure 4). Une activité photosynthétique moindre chez les plantes du traitement 7Fe/Sulphate, et une transpiration par conséquent moins importante, pourraient avoir réduit la translocation de Ca vers les fruits, ce qui expliquerait cette observation.



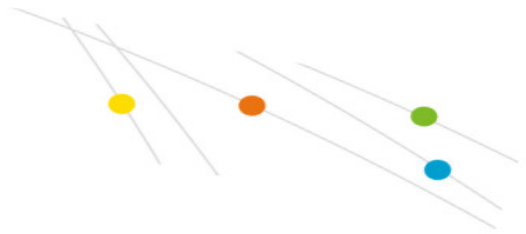
SHAPE * MERGEFORMAT <v:rect id="Rectangle_x0020_22" o:spid="_x0000_s1027" style='width:14.55pt;height:14.55pt;visibility:visible;mso-wrap-style:square; mso-left-percent:-10001;mso-top-percent:-10001;mso-position-horizontal:absolute; mso-position-horizontal-relative:char;mso-position-vertical:absolute; mso-position-vertical-relative:line;mso-left-percent:-10001;mso-top-percent:-10001; v-text-anchor:top' o:gfxdata="UESDBBQABgAIAAAAIQC75UiUBQEAAAB4CAAATAAAW0NvbnRlbnRfVHlwZXNdLnh



dyTewfKKEqcMCKEmHfgZgaE8wMW+SSwc27JvS/v23KTJgkoXFsu+P+c7OI5vDoMTe0zZBI/LVv
gV4HY31Xy4/tS3EvRSbwBlzwWMsjZrlprq/W22PELHjb51r2RPFbqax7HCCXlaLnThvSAMTP1Kkl
+gs6VLdVdad08ISeCho1ZLN+whZ2jsTzgcnsjwldluLxNDiyagkxOquB2Knae/OLUsyEkjenmdzb
mG/YhlRnCWPnb8C898bRJGtQvEOiVxjYhtLOxs8AySiT4JuDystlVV4WPem6tK3ValLeDZxIOSsu
ti/jidNGNZ3/J08yC1dNv9v8AAAA//8DAFBLAwQUAAYACAAAACEArTA/8cEAAAAYAQAAcWAAAF9
ZWxzLy5yZWxzhl/NCslwEITvgu8Q9m7TehCRpr2l4FX0AdZk2wbbJGTj39ubi6AgeJtl2G9m6vYx
jeJGka13CqqiBEFOe2Ndr+B03C3WIDihMzh6RwqexNA281I9oBFTfuLBBhaZ4IjBkFLYSMI6oAm5
8IFcdjofj0z5jL0MqC/Yk1yW5UrGTwY0X0yxNwri3lQgjs+Qk/+zfdZTVuvrxO59CNCmoj3vCwj
MfaUFOjRhrPHaN4Wv0VV5OYgm1p+LW1eAAAA//8DAFBLAwQUAAYACAAAACEAShDJe/ACAACI
HwAAAGNsaXBib2FyZC9kcmF3aW5ncy9kcmF3aW5nMS54bWykVdtu2zAMfR+wfxD07voyj7GM
xMWAabi2a9QM UW4mFyZlnKbcN+/dRst2k6bCHNQ+JRJFHplekcnm9bzjaUqWZFDkOLwKMqChlx
x8/fCi/BSBsiKsKloDk+UI2vrz5+uCTZWpG2ZiUCBKEzkuPamDbzfV3WtCH6QrZUwNIKqoYY2Kq1
XymyA+SG+1EQJP2GMIGvjIAzYgjaKPYfUFyW32k1JWJLNEDyMju19Dny8v3IJBpbO9Uu2kdIMy+/
bh8VYIWOQTIBGpAI+/1B7wZb/yxqfQTYr1Rj/eVqhFY05WC/HQbdG1SCMUziSTLCqISjft3dUT/8
Jaqs5/+Mg2S6S2FxxkohubRpi+5ZZFA3UnmgJvbDmFIFtoDKE6PYeiqCRknManOiNbsEdMobowaS
3NWUVNqaO2FAwQ7BiXQEA1mXuy+yAkXJxkjXJ/8v1gtpkrVKmzsqG2QXOVaQpAMn23ttupwGF
LBjnjiwXrwyA2VmgThBqz2zFXAP/SoN0nsyT2luj8dyLg9nMuymmsTcuwslo9mk2nc7C3/beMM5c
VIVU2GuGYQrjN53asFJJLVfmopSND+3CSjoMFiXtGBzHSUvOKgtnU9JqvZxyhbaE57hwn175Ezf/
dRquY4HLGaUwioPbKPWKcTLx4ileeekSLwgTG/TcRCn8ax4TemeCfp+SmiX43QUjVyVTpl+4xa
z1tJGuYoQpx1uQ4eXEimW3EuahcaQ1hvFufSGHTP0oB5R4KDUvdPwBmv3CDY/a3sjpYwZbwC
JDQXPArwuJoH⁺
FpxCTxKzIqMaql+ntusHxQdTjDawdOaY/1jQxTFiH8WMC9pGMcAZ9wmHk0i2KjT
k+XpCREIQOXYYNQtpwZ2ELJpFVvXcFPo5BTyBoZrxfrG73K3LLg2C3Pg1KnjGFJRPRJFnoAbh/nO



MRXe86LXGzxAIKMIG00XrX0uuoHqVHKygePZ6+xC+38T+xdwur/6AwAA//8DAFBLAwQUAAYAAQ
ACEAkn2H4B0HAABJIAAAGgAAAGNsaXBib2FyZC90aGVtZS90aGVtZTEueG1s7FILbxs3EL4X6H9
7L2xZL1il3JgyXLcxC9ESoocKYnaZcxdLkjKjm5FcuqIQIG06KEBeuuhKBqgARr00h9jwEGb/ogO
uS9SoulHXCAobAHG7uw3w+HM7Mzs8M7dZxH1jjEXhMvTv3qr4ns4HrExiYO2/2iw/dlt3xMSxWN
WYzb/gwL/+7Gp5/cQesjSplhQ3w8CHGEPRAUi3XU9kMpk/WVFTECMhK3WlJjeDZhPEISbnmwMu
BBal6MpqpDjciRCJ/Q2QKJWgHoV/sRSKMKK8r8RgL0YRrH4wmZAR1tjxUVUhxEx0KfeOEw37IHP
Tgb4mfQ9ioSEB22/ov/8IY07K2g9Y6JyCa/Bt63/Mr6MYXy0qtfkwbBYtF5v1JubhXwNoHIR12v1
mr1mlU8D0GgEO011sWW2Vrv1DGua0kuH7K3WVq1q4Q35tQWdNxivqZ+E1KjVfX8Bvb3fBihZ
YwHf6Kx1tmz5GpTimwv4VmVzq96y5GtQSEI8tICuNjq1br7bAjJhdMcjX2vUt1urmfASBdFQRJda
YsjiuSzWlvSU8W0AKCBFksSenCV4gkYQk11EyZATb5cEIQRegmlmgFzRwXxavBf/er6SnsUrWN
cCu9QBOxQFL6eGLESSLb/n2Q6huQs7dvT5+/OX3+++mLF6fPf83W1qIsvh0UBybf+5+++efV
v/34/uW36dLzeGHi3/3y1bs//vyQeNhxaYqz716/e/P67Puv//r5pUP6JkdDEz4gERbePj7xHrll
NujQHw/55TgGISImx2YcCBQjtYpDfk+GFnp/hihy4DrYtuNjDqnGBbw3fWop3A/5VBKHxAdhZAH3
GKMdxp1WeKDWMsw8mMaBe3E+NXEPETp2rd1FseXl3jSBHEtclrshttQ8pCiWKMAxlp56xo4wd
CSGWXffliDPBjtj7QrwOIk6TDMjQiqSaYdE4JeZS0Hwt2Wbvcdeh1HXrrfwsY2EdwNRh/IDTC0z
3kNTiSKXyAGKqGnwXSRDI5L9GR+Zuj6Q4OkAU+b1xlgIF88Bh/0aTn8Aacbt9j06i2wkl+TIJMX
MWYit9hRN0RR4sL2SRya2M/FEYQo8g6ZdMH3mP2GqHvwa4qXuvsxwZa7z88GjyDDmiqVAaKe
l/cws+K3P6MThF2pZpNHVord5MQZH1pYIX2LsYUnaAxxt6jzx0adFhi2bxU+n4IWWUHuwLrPrj
Vd3HWGBPNzeLeXKXCctk+zhgS/TZm80InhmKI8XSsd4Hr5s270Gpi1wBcEBHRyZwn0C/B/HiNM
ABIGcC+Vehgiq4Cpe+GO1xm3/HeRdwzey6eWGhd4L4EHX5oHErvJ80HbDBC1FigDZoCgy3CIW
3F+yqOKq2aZOvon90pZugO7lanoiEp/bAc31Po3/rveBDuPsh1eOl+16+h23YctZXbLTWZZMdu
m2W4+a6my/iYfPxNzRaaxocY6shixrrpaW56Gv9/39Mse59vOpll/cZnj+NDh3HTyWTDlevpZMrn
BfoaNfBIBz167BMtnfpMCKV9OaN4V+jBj4DvmfE2EBWfnm7iYgqYhHCpyhwsYOECjjSPx5n8gsiw



H6IEpkNVXwkjRCY6EF7CBAyNNNkpW+HpNNpj43TYWa2qwWZaWQWSJb3SKOgwqJlputkqB3iF
oAetuQKK9zJKGlvZStQcSrRyojKSHuuC0RxK6J1dixZrDi1uK/G5qxa0ANUKr8Ahtwef6W2/UQcW
YlJ5HDTnY+Wn1NW5d7Uzr9PTy4xpRQA02HkElJ5eU7ou3Z7aXRpqF/C0pYQRbrYS2jK6wRMhfAZ
0amoF1Hjsr5eK11qqadModeD0CrVaN3+kBZX9TXwzecGGpuZgsbeSdtv1hoQMiOUTP0JDI3hMk
doT65kl0gOOWkeTpC3+VzJjwlbeQCFOD66STZoOISMw9SqK2r7ZfulHGOodo3aqrkBA+WuXWIK
bMqB020n48kEj6TpdoOiLJ3eQoZPc4XzqWa/Olhxsim4ux+OT7whnfKHCEKs0aoqA46JgLODamr
MYHDsCKRlfe3V5iytGueRukYSumljiHKKoqZzFO4TuWFOvqusIFxl+0ZDGqYJCuEw0AVWNOoVjU
qkaqw9Kqez6TspyRNMuaaWUVVTXdWcxaIS8Dc7a8WpE3tMpNDDnNrPBp6p5PuWt5rpvrE4oq
7OeouhcoClZq5WKWakrjxTSscnZGtWtHvsFzVLtlkTCyfjMXO2e3okY4lwPilSo/8M1HLZAmeV+p
Le062N5DiTcMqm0fDpdhOPgMruB42gfaqqKtKhpcwZkzllv0oLjtZxc5BZ6nIAJTyym1HFPPKfWc
0sgpjZzSzCIN39MnqnCKrw5TfS8/MIUalh2wZr2Fffq/8S8AAAD//wMAUESDBBQABgAIAAAAIQCc
ZkZBuwAAACQBAAAqAAAAY2xpcGjvYXJkL2RyYXdpbmdzL19yZWxzL2RyYXdpbmcxLnhtbC5yZ
hl/NCslwEITvgu8Q9m7SehCRJr2I0KvUBwjjNi02PyRR7Nsb6EVB8Llws+w3s037sjN5YkyTdxqx
WgFBp7yenOFw6y+7I5CUpdNy9g45LjigFdtNc8VZ5nKUxikkUigucRhZDifGkhrRykr9QFc2g49W
5iKjYUGquzTI9IV1YPGTAeKLSTrNIXa6BtlvoST/Z/thmBSevXpYdPIHBMulFxadgYzB0pXZ501
LV2BiYZ9/SbeAAAA//8DAFBLAQItABQABgAIAAAAIQC75UiUBQEAAAB4CAAATAAAAAAAAAAAAAA
AAAAAABbQ29udGVudF9UeXBlc10ueG1sUESBAi0AFAAGAAgAAAAhAK0wP/HBAAAAMgEAAAsA
AAAAAAAAAAAAANgEAAF9yZWxzLy5yZWxzUESBAi0AFAAGAAgAAAAhAEoQyXvwAgAAogYAAB8
AAAAAAAAAAAAAIAIAAGNsaXBib2FyZC9kcmF3aW5ncy9kcmF3aW5nMS54bWxQSwECLQAUAAY
ACEAkn2H4B0HAABJIAAAGgAAAAAAAAAAAAAAAAABNBQAAY2xpcGjvYXJkL3RoZW1lL3RoZW1l
bWxQSwECLQAUAAYACAAAACEANgZGQbsAAAAkAQAAGAAAAAAAAAAAAAAAAACiDAAAY2xpc
L2RyYXdpbmdzL19yZWxzL2RyYXdpbmcxLnhtbC5yZWxzUESFBgAAAAFAAUAZwEAAKUNAAA
" filled="f" stroked="f">

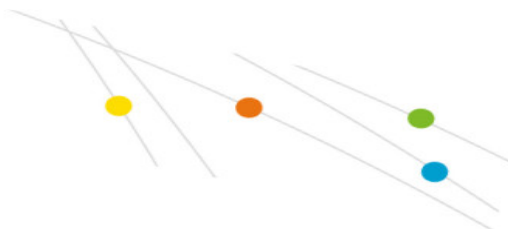


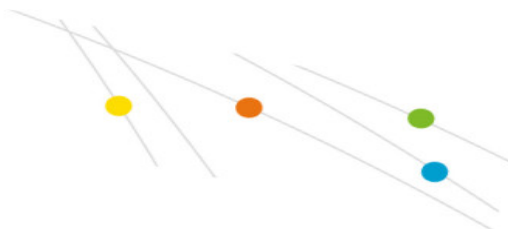
Figure 4. Incidence moyenne de la pourriture apicale (% PA) tout au long de la période de récolte (les lettres indiquent des différences statistiquement significatives (test des étendues de Tukey avec $\alpha \leq 0,05$)), et analyse de la teneur en calcium de la matière sèche des fruits (ppm Ca) pour un dosage de 7 μmol de Fe-DTPA, avec adjonction de Cu, Mn et Zn sous forme de sels de sulfate ou sous forme chélatée EDTA.

Tableau 1. Dosage des macronutriments et micronutriments au cours du temps. Les teneurs en nutriments sont fournies en mmol/L sauf concernant Fe, Mn, Zn, B, Cu et Mo, en $\mu\text{mol/L}$. Après le 7 juin, les teneurs sont restées constantes jusqu'à la fin de la période de l'essai. *Valeur corrigée de la carence en Mg à partir de début juillet. Ajouter ce qui suit au titre du tableau : Les valeurs de ce tableau sont arrondies ; veuillez consulter les publications originales pour une précision à 2 décimales près.

Nutriment	Début	2 mars	15 mars	12 avril	26 avril	7 juin
NH ₄	1	0	1	1	1	1
NO ₃	21	18	20	23	24	25
H ₂ PO ₄	3	2	3	3	3	2
K	13	10	11	15	15	15
Ca	6	7	6	6	6	7
Mg	4	3	3	1	1	1 (2)*
Cl	4	3	2	2	2	2
SO ₄	4	3	3	1	0,3	0,4
Fe	7/10	7/10	7/10	7/10	7/10	7/10
Cu	2	1	1	1	0,1	1
Mn	23	16	18	22	25	29
Zn	8	5	4	1	4	2
B	82	44	38	9	14	26
Mo	1	1	1	1	1	1

SHAPE * MERGEFORMAT

Tableau 2. Concentration moyenne de Fe ($\mu\text{mol/L}$) dans la solution au goutte-à-goutte et les cubes de laine de roche (eau de sortie).



Dose Fe-DTPA	7 Fe		10 Fe	
	Sulfate	Chélate	Sulfate	Chélate
Solution en gouttes	14	16	18	22
Eau de drainage	7	14	12	21