



Tomate hors sol



Acquisition de références pour la conduite de la fertirrigation

2015

Benjamin Gard, Ctifl / APREL – Anne Terrentroy, CA13 – Marianne De Conninck, CETA de Berre l'Etang – Claire Goillon, APREL

Essai rattaché à l'action n° 04.2015.07 : Gestion durable de la fertilisation en cultures légumières en sol et hors sol.

1- Contexte de l'étude

La directive européenne 91/676/CEE, dite « Directives Nitrates » vise à protéger les eaux contre la pollution par les nitrates d'origine agricole. Son application se traduit par la délimitation de « Zones Vulnérables Nitrates » (ZVN) où sont imposées des mesures particulières encadrant les pratiques des producteurs. Ces mesures constituent le Plan d'Action National (PAN), avec un volet intégrant les particularités régionales, le Plan d'Action Régional (PAR). Suite à la révision effectuée en 2012, 55% de la surface agricole nationale a été classée en zone vulnérable. En région PACA, 4 ZVN ont été définies sur les départements des Alpes de Haute Provence, des Bouches-du-Rhône, du Var et du Vaucluse.

Les productions maraîchères hors-sol (tomate et fraise principalement) présentes dans les ZVN sont également concernées par des mesures spécifiques. De plus, les enjeux socio-environnementaux autour de l'agriculture sont tels que c'est l'ensemble des exploitations maraîchères qui se doit d'adapter ses pratiques pour limiter les rejets d'azote dans l'environnement.

Pour les productions hors-sol, les solutions disponibles sont la mise en place de système de collecte, et de recyclage ou de traitement des eaux de drainage. Si cela n'était pas possible, le PAR demande la mise en place d'une gestion raisonnée de l'azote avec l'application de seuil maximal pour les concentrations en azote dans les solutions d'apport et de drain.

Dans ce contexte, il est indispensable de disposer de références actuelles sur les équilibres minéraux dans les solutions de fertirrigation en culture hors sol. Les derniers travaux d'acquisition de références datent de 2007. Or, les méthodes de travail ont évolué avec une diminution importante des nitrates, une augmentation des chlorures et une modification des équilibres dans les solutions utilisées. La mise en place du recyclage des eaux de drainage dans les serres hors sol implique également de nouveaux modes de gestion de la fertirrigation et l'acquisition de nouvelles références.

2- But de l'essai

L'APREL avec ses partenaires, suit depuis 2013 une exploitation sur la commune de Berre l'Etang où a été installé un système expérimental de désinfection des eaux de drainage. Des analyses minérales des solutions nutritives à l'apport et au drainage sont réalisées sur ce site de production. Elles doivent servir, en s'appuyant sur le réseau de conseillers techniques spécialisés partenaires de l'APREL, à la mise à jour des références techniques sur les équilibres minéraux en culture de tomate hors sol. Ce suivi expérimental fait partie d'un réseau d'acquisition de références régionales sur le fonctionnement et l'efficacité de nouveaux procédés pour la désinfection et le recyclage des solutions drainées dans une serre de tomate hors sol.

Le but de ce travail est de mettre à jour les références sur la fabrication des solutions de fertirrigation et d'adapter ce travail au recyclage des eaux de drainage. Les résultats doivent permettre de redéfinir les référentiels pour les teneurs en éléments des solutions racinaires (ou de drainage), en établissant une fourchette de concentration pour chaque élément, en fonction de l'Ec (dernières références : Infos-Ctifl n°201, mai 2004). Il sera également intéressant de revoir les valeurs des équilibres minéraux utilisés jusqu'à présent (K/Ca...).

3- Protocole expérimental

Site expérimental :

Site : SARL Arc en Ciel à Berre l'Etang (13).

Type d'abris : Serre verre, rehaussée (4,5 m), construite en 2001.

Surface suivie : 1 ha.

Conduite : sur gouttières suspendues avec récupération du drainage.

Variété : Tomate récoltée en grappes, variété Climberley, greffée 2 têtes sur le porte greffe Stalone, plantation du mois d'août.

Densité de plantation : 2.1 plant/m²

Contexte de production :

La culture a été plantée le 5 août 2014 sur de la fibre de coco réutilisée. La culture s'est terminée en juillet 2015. Le site est équipé pour le recyclage des drainages mais le dispositif n'a pas été utilisé car le système expérimental de désinfection n'a pas fonctionné comme attendu. Une forte attaque d'aleurodes dès la première partie de la culture a perturbé la conduite et le comportement des plantes. Le suivi de la fertilisation dans ce contexte n'a pas permis d'obtenir des références représentatives. Il a cependant eu l'intérêt de mettre en évidence des problèmes et des questions relatifs à la fertilisation des tomates hors sol : problème de cohérence entre le calcul, les mesures et l'analyse, questions sur les équipements, le choix des engrais, le comportement des plantes...

Suivi expérimental :

- Le suivi de la fertirrigation est effectué à partir d'analyse minérale de la solution d'apport et de drain. La fréquence est fonction du stade de culture : une analyse tous les 15 jours pendant les stades 1 et 2, puis une analyse un fois par mois pendant les stades 3 et 4. Les analyses sont envoyées via la CAPL au laboratoire Galys. Pour chaque prélèvement, une analyse de la concentration en éléments minéraux et en oligoéléments est réalisée.
- Mise en place d'un groupe de travail sur la fertilisation avec des réunions régulières. Rencontre une fois par mois (chaque premier lundi du mois) pour discuter des analyses et de l'évolution des équilibres en fonction des résultats d'analyses et du comportement de la culture.
- A terme, faire évoluer les équilibres des solutions en tenant compte de la mise en place du recyclage.

4- Résultats

Les résultats obtenus dans cet essai sont issus des observations en culture et des analyses de laboratoire effectuées sur les solutions d'apport et de drainage.

4.1 – Comportement de la culture

Les observations de la culture ont débuté à partir du stade F5, jusqu'à F28 en fin de culture le 10 juillet. Les fruits sont de bonne qualité toute la saison, hormis le faible calibre observé une bonne partie de la saison, et des défauts de nouaison en janvier par manque de pollinisateurs.

Le rendement final de la culture est faible, probablement lié à plusieurs facteurs, notamment :

- Carence réelle en oligo-éléments et fer
- Grave attaque d'aleurodes, difficile à maîtriser, qui à partir de décembre-janvier a fortement perturbé la conduite de la culture et a provoqué des pertes.

La culture se passe bien jusqu'au stade F6-F7. A partir de F8, les têtes commencent à marquer une chlorose. Celle-ci est récurrente de septembre à fin décembre 2014. Puis, de janvier à avril 2015, les têtes s'améliorent en vigueur et en couleur. Ensuite, les têtes sont à nouveau chlorosées.

Hypothèses concernant la chlorose des plantes :

En début de culture, les plantes ne marquent pas de chlorose car elles sont jeunes et les substrats (pains de deuxième année) sont encore pourvus des résidus d'engrais de la culture précédente. Puis un manque de fer et d'oligo-éléments est identifié grâce aux analyses réalisées. La comparaison des analyses d'apport et de drain avec le calcul théorique effectué par le conseiller met en évidence une concentration faible en fer et en oligo-éléments à l'apport, puis au drain, par rapport à la concentration calculée. Cette faible concentration en fer et oligo-éléments est observée tout au long du suivi et suscite de nombreux questionnements. Différents fers (marques, type de chélate, concentration) sont testés.

La composition du mélange d'oligo-éléments est contrôlée, sans résultat visible. Finalement, le 3 juillet, la visite de fournisseurs spécialistes de la fertilisation, permet de proposer quelques explications liées aux équipements et au mode de fabrication des solutions.

Sur l'exploitation étudiée, le système de fertirrigation est organisé de la manière suivante :

- Ajout de l'acide nitrique directement dans le bac A ; pas d'injection séparée.
- Ajout des oligo-éléments et du fer dans le bac B.
- Absence de bac de pré-mélange des engrais ; les engrais du bac A et B sont injectés directement dans un tuyau commun avec l'eau claire.

Les 2 tuyaux d'injection d'engrais A et B sont trop proches l'un de l'autre (20-30cm). L'acide nitrique et le fer sont donc injectés très proches et très concentrés dans l'eau claire. Les chélates de fer sont détruits, le fer libre se lie aux carbonates et précipite. Il n'est alors plus disponible pour la plante et n'est plus retrouvé lors des analyses de solutions. Cette disposition des injections est récente (été 2014), et peut expliquer pourquoi la culture précédente ne présentait pas de chloroses.

Les oligo-éléments doivent toujours être mis dans le bac A, même en présence de l'acide nitrique. En effet, les oligo-éléments sont souvent sous forme sulfatée, qui s'allie au calcium pour former une mélasse de sulfate de calcium.

Afin de vérifier l'hypothèse concernant la destruction des chélates de fer lors de l'injection, nous avons souhaité vérifier par analyse, les quantités de fer et oligo-éléments dans la solution mère bac B. La cuve réalisée est globalement cohérente avec la cuve calculée, tant en oligo-éléments qu'en macroéléments. Seul le cuivre est demi-dosé par rapport au calcul, mais l'interprétation n'est pas aisée.

4.2 – Interprétation des résultats d'analyses minérales à l'apport et au drain

4.2.1 - Remarque sur la solution d'apport

L'EC d'apport varie entre 3,5mS en période hivernale et 2,2mS en période estivale. Les équilibres sont potassiques à extra-potassiques jusqu'à mi-mai, puis calciques à extra-calciques. Les doses de fer et d'oligo-éléments sont régulièrement largement en dessous des doses calculées. Par exemple, on constate régulièrement 2 à 6 fois moins de fer dans la solution que dans le calcul (cf. paragraphe précédent).

4.2.2 - Remarque sur la solution de drainage

L'EC de drain varie entre 4mS et 11,5mS via une lecture à l'ECmètre étalonné. Ces très fortes EC sont liées à un manque de drainage ou d'arrosage, conduisant à la concentration du drain. Avec une EC de drain entre 5 et 6mS, on observe de meilleures couleurs de têtes. Si l'EC est supérieure à 6mS, les racines ne sont plus capables d'absorber correctement les nutriments. Si l'EC est inférieure à 5mS, la chlorose en tête est plus marquée. Les équilibres sont extra-potassiques toute la campagne, malgré les modifications d'équilibre à l'apport visant à limiter la proportion de potassium ; Comme dans la solution d'apport, les concentrations en fer et en oligo-éléments sont régulièrement largement en dessous des références. Par exemple, on constate jusqu'à 10 fois moins de fer dans le drain que les références. Le bore semble moins sensible à ce phénomène.

4.3 – Rôle des suivis analytiques et choix des laboratoires

Le travail de suivi implique une analyse régulière des concentrations en nutriments dans l'eau d'apport et le drain. L'évolution est très rapide en fonction de l'Ec et du comportement de la culture. De plus, afin de pouvoir déceler d'éventuels risques d'accumulation d'ions non alimentaires suite au recyclage, il est indispensable de réaliser des analyses minérales régulièrement. La fréquence adoptée dans ce travail de suivi est d'une analyse apport et drain tous les 15 jours. Cette fréquence est sans doute trop importante pour un suivi en routine par un producteur sur son exploitation. Mais elle apporte un grand nombre d'informations et permet de réagir rapidement lorsque des anomalies, ou des problèmes apparaissent en fonction des objectifs de production fixés.

Dans le cas de cette étude, les suivis réguliers ont permis par exemple de mettre en évidence un problème lié à l'apport de fer et d'oligo-éléments. De plus, des comparaisons de résultats d'analyses ont été réalisées entre deux laboratoires lors de cette étude. Ces comparaisons ont mis en évidence des différences importantes dans les résultats des laboratoires. On observe des différences de l'ordre de 25% à 40%, entre les quantités mesurées pour les éléments suivants : SO_4^{2-} , Mg^{2+} , K^+ et B.

Des différences de conductivité ont également été observées entre les mesures faites par l'ECmètre sur l'exploitation et celles du laboratoire sur les échantillons envoyés. En faisant les calculs à des périodes où les écarts de température sont importants (en hiver) avec les 20°C du laboratoire, et en n'appliquant pas le coefficient de correction pour compenser une mesure effectuée à 15°C, on se rapproche de la valeur donnée par le laboratoire. Ces différences de résultats sont sources d'erreurs importantes sur l'interprétation des équilibres minéraux calculés, utilisés pour le conseil sur la fertilisation de la culture. Ces différences questionnent sur les méthodologies utilisées et la nécessité de bien connaître les prestataires de service.

4.4 Informations générales sur la fertilisation en tomate hors sol

Ces résultats sont issus des observations et des échanges du groupe de travail qui a été mis en place lors de cette expérimentation

4.4.1 Les équipements

Les exploitations hors sol sont équipées de stations de tête pour la fertirrigation qui doivent être performantes pour adapter au mieux les apports aux besoins des plantes et limiter le plus possible les risques de dysfonctionnement.

En ce qui concerne les apports d'engrais, les équipements de base sont les suivants :

- un ordinateur qui permettra, selon les consignes données par le producteur, de gérer les apports en fonction des besoins dans les différentes zones de cultures.
- Pour la fabrication des solutions fertilisantes :
 - ✓ des cuves pour la fabrication et le stockage des solutions mères : deux cuves minimum sont nécessaires car certains engrais ne peuvent pas être mélangés lorsqu'ils sont concentrés dans la solution mère.
 - ✓ Une troisième cuve est nécessaire pour l'acide (nitrique en général) utilisé pour amener la solution fille au pH souhaité. La séparation de la cuve d'acide est nécessaire pour une bonne régulation du pH. Si l'acide est mélangé aux engrais, l'injection d'acide dépend de l'injection d'engrais (consigne de conductivité) et peut ainsi ne pas être adaptée au besoin.
 - ✓ un système d'injection de la solution mère et de l'acide dans l'eau claire pour fabriquer la solution fille avec une conductivité (qui représente la concentration en minéraux) et un pH donnés. Attention, les points d'injection de l'acide et des engrais concentrés doivent être suffisamment éloignés pour éviter les risques de précipitation ou d'incompatibilité (voir suivi ci-dessus).
- Un système de régulation, lié à l'ordinateur, permet de fabriquer la solution fille en fonction des consignes de conductivité et de pH données par le producteur.
- une filtration après injection permet de limiter les risques de bouchage dus à des impuretés que peuvent contenir certains engrais.

Après la station de tête, la solution fille est distribuée dans les cultures par l'intermédiaire de rampes de goutte à goutte. En culture hors sol, les goutteurs sont prolongés par des capillaires qui permettent de localiser l'apport au pied des plantes.

En cas de recyclage, la station de tête est complétée par un système de traitement (désinfection du drainage) et des cuves pour le stockage du drainage (avant et après désinfection). La régulation de la conductivité et du pH doit être adaptée pour inclure l'injection du drainage désinfecté dans le processus de fabrication de la solution fille.

L'ensemble de ces matériels doit être régulièrement entretenu, les sondes étalonnées, les débits et pressions contrôlés, les réseaux nettoyés à la fin de chaque culture pour éviter les dérives ou accident qui peuvent avoir de graves conséquences sur la production.

En janvier 2016, un réseau d'échange thématique européen nommé Fertinnova (Transfer of innovative technique for sustainable water use in fertigated crops) a vu le jour. Financé pour 3 ans, il regroupe 23 partenaires de 8 pays européens. Ce réseau aura pour but d'inventorier, à l'échelle européenne, les techniques de fertirrigation et de recyclage afin d'optimiser la gestion de l'eau et des fertilisants. Ce projet doit permettre de constituer une banque de données à l'attention des conseillers et des producteurs sur les techniques utilisables en culture hors sol, notamment pour améliorer la gestion de l'eau et des fertilisants à l'apport et au drainage (recyclage sur la culture).

4.4.2 La solution d'apport

a) Impact du choix de l'eau dans la constitution de la solution d'apport

L'origine de l'eau utilisée pour l'irrigation peut, selon sa composition, avoir une forte influence sur la fabrication des solutions nutritives (nature et quantité des engrais utilisés). Les teneurs en nitrates et autres éléments minéraux (Ca, Mg, Cl, Na...) peuvent être très différentes. De plus, en cas de recyclage dans la culture, les teneurs en certains éléments peuvent être limitantes pour la recirculation de la solution.

Voici un exemple avec les eaux disponibles à Berre l'Etang :

Origine de l'eau	Teneur en calcium Ca ²⁺	Teneur en carbonates HCO ₃ ⁻	Conséquence sur la solution nutritive
Eau de forage	6 à 9 meq/L	3 à 5 meq/L	L'eau de forage nécessite un complément en acide nitrique plus important afin de casser les ions carbonates
Eau de canal de Provence	3 meq/L	2,5 à 2.9 meq/L	L'eau de canal nécessite un plus fort complément en calcium, souvent réalisé avec du nitrate de calcium.

Les analyses de l'eau d'irrigation, utilisée pour fabriquer les solutions fertilisantes, permettent de tenir compte des éléments déjà contenus dans l'eau, le calcium par exemple, pour le calcul des apports d'engrais. Elles donnent aussi des indications pour adapter le pH des solutions et rendre les éléments mieux assimilables pour les plantes.

b) Impact du choix des engrais dans la constitution de la solution d'apport

Depuis quelques années, les études montrent que les apports en nitrates sont souvent supérieurs aux besoins réels des plantes. Concrètement, réduire l'utilisation de nitrates signifie les remplacer en partie par un autre élément. Selon le type d'engrais utilisé, la compensation est plus ou moins aisée.

Cas des engrais solubles simples (=binaires). Ils sont utilisés par une grande partie des producteurs hors sol de la région, par exemple par 40% des exploitations berroises hors-sol. En pratique, avec ce type d'engrais, il est parfois difficile de respecter la dose idéale de nitrates, surtout lorsque on souhaite une solution nutritive avec une forte conductivité (3,5 à 4mS).

Engrais azotés	Engrais non azotés pour compensation	Remarques
Nitrate de potasse	Chlorure de potasse	Inconvénient : Le chlorure de potasse a tendance à s'accumuler dans les substrats et peut faire monter les EC.
	Sulfate de potasse	Inconvénient : Le sulfate de potasse est peu soluble dans l'eau. Les quantités utilisables par cuve sont limitées.
Nitrate de calcium	Chlorure de calcium soluble	Inconvénient : le chlorure de calcium soluble contient trop d'impuretés pour être utilisé régulièrement. Il a tendance à encrasser le réseau d'irrigation.
	Chlorure de calcium liquide	Avantage : Le chlorure de calcium liquide ne comporte pas ou peu d'impuretés. Inconvénient : Il est un peu plus cher.
Nitrate de magnésium	Sulfate de magnésium	Le nitrate de magnésium est rarement employé.
Acide nitrique	Acide phosphorique	Inconvénient : Des problèmes de chélation avec le fer ou le calcium sont connus, et limitent son utilisation exclusive et régulière.

Cas des engrais complets N, P, K + Mg (+Fer + Oligo-éléments), solubles (40% des exploitations berroises) ou liquides (20% des exploitations berroises ; les engrais complets liquides sont les plus chers). Il en existe de multiples compositions. En pratique, avec un équilibre du type 5-10-40, on réalise facilement la dose idéale de nitrates à l'apport. Il convient en outre de vérifier les teneurs en chlorures et sulfates. Celles-ci ne sont pas toujours indiquées sur l'emballage. Il faut alors demander l'information au fournisseur. Il s'agit d'anticiper une éventuelle montée de conductivité dans le substrat liée à l'accumulation de ces ions.

c) Les EC d'apport

En pratique, les conductivités varient de 1,8 mS à 4mS, selon la période de l'année, le stade, la variété, le substrat, l'équilibre de plante, le type de serre, le climat... On peut synthétiser les tendances des conductivités d'apports pratiquées dans le tableau suivant :

EC d'apports	Plantation d'automne	Plantation d'hiver	Plantation d'été
Stade E-F2	+++++	++++	+++
Stade F2-F6	++++	+++	++++
Stade F6-R2	+++	++	+++
Stade R2 et plus	++	++	+++
Eté	+	+	

+ : EC faible

+++++ : EC forte

Des travaux menés sur la fertilisation des cultures hors sol entre 2004 et 2009 dans le réseau APREL permettent d'avoir des références sur l'évolution des EC à l'apport dans les cultures de tomate hors sol de la région. On constate que les consignes d'EC à l'apport ont évolué à la hausse. Il y a eu parallèlement d'autres évolutions dans les systèmes de culture, notamment au niveau des variétés, des cycles et calendriers de culture, des rendements... mais le lien entre ces évolutions et l'augmentation des EC à l'apport n'est pas clairement établi.

On trouve cependant quelques exploitations qui travaillent avec des EC plus basses que la moyenne. Il serait intéressant de pouvoir analyser leur stratégie de conduite des cultures (irrigation, fertilisation mais aussi climat, choix variétal...) et de pouvoir mener une expérimentation comparative de différents niveaux de conductivité.

d) Le calcul des solutions d'apport :

- ✓ Le logiciel de calcul

Pour réaliser les solutions nutritives des tomates hors-sol, les conseillers des CETAs maraichers des Bouches-du-Rhône utilisent un fichier de calcul Excel. Les variables d'entrée sont :

- le type et la composition des engrais utilisé : simple, complet soluble, complet liquide
- la composition de l'eau d'irrigation
- le stade de la culture
- la conductivité souhaitée

Chaque conseiller adapte ensuite la composition de solution obtenue en fonction du type de serre, du type de conduite, de la variété... La connaissance du contexte de l'exploitation est importante pour affiner le conseil. Les analyses de solutions, drain et apport, permettent aussi d'adapter les solutions au plus près des besoins des plantes.

- ✓ Les équilibres entre éléments

K, Ca et Mg

Les équilibres favorables entre cations principaux sont donnés par le Ctifl. On distingue les équilibres de la solution d'apport et ceux de la solution de drain. On considère les rapports : $K / (Ca+Mg)$, K/Ca et Mg/Ca . Ces équilibres sont évolutifs selon le stade de la plante. Concernant les équilibres à l'apport, K/Ca peut varier de 0.6 à 1.3 selon le stade, la saison et la variété. Les teneurs en potasse sont plus élevées durant les périodes à risque de blotchy ripening alors qu'en période estivale le calcium est favorisé de manière à éviter les problèmes de nécrose apicale (blossom end rot).

Equilibres en tomate hors-sol à l'Apport

Equilibre		Extra-calcique	potassique	extra-potassique	Calcique
Stade de la plante		E-F2	F2-F6	F6-R2	R2-fin de culture
	K/(Ca+Mg)	0,4-0,6	0,6	0,8-0,9	0,6-0,7
Rapports	K/Ca	0,6-0,7	0,85	1,2-1,3	0,8-1
	Mg/Ca	0,3-0,5	0,4-0,5	0,4-0,5	0,3-0,5

N par rapport à l'EC, à Cl, Na, SO4

Depuis quelques années, on cherche le plus possible (dans la limite des besoins des plantes et d'éventuelle toxicité pour les cultures) à remplacer les NO_3^- par d'autres éléments comme Cl^- , SO_4^{2+} et Na^+ qui permettent d'augmenter la conductivité de la solution d'apport sans apporter d'azote. Ceci est particulièrement important dans un contexte de conduite des cultures à EC élevée.

Dans les solutions d'apport, les rapports entre l'azote N- NO_3 et l'EC, Cl^- , SO_4^{2+} et Na^+ sont de bons indicateurs de substitution des nitrates par d'autres éléments. Leur suivi doit permettre également de vérifier qu'on reste dans des limites acceptables pour l'alimentation des plantes et le risque de toxicité pour les cultures. Cependant, nous ne disposons à ce jour que de très peu de références sur ces rapports.

les niveaux d'azote apportés

Les dernières références d'équilibre de solutions fertilisantes publiées sont anciennes. Depuis, différents travaux (Ctifl, INRA) ont montré que des niveaux plus bas en azote et plus élevés en chlore que ces références étaient possibles. Des suivis réalisés dans le réseau APREL ont permis de constater une évolution dans ce sens dans des exploitations de la région (Annexe 1). Cependant, l'impact de cette baisse de la proportion d'azote dans les solutions fertilisantes est parfois atténué par des conduites à des EC plus élevées, en particulier dans les périodes de jours courts. Il serait intéressant de recenser des analyses d'apport actuelles pour faire le point sur cet aspect.

e) Les différences entre apports calculés et apports vérifiés par analyse

Les analyses de la solution d'apport, qui évoluent en fonction des stades de la culture, permettent de vérifier que les apports correspondent bien à ce qui est souhaité lors du calcul théorique. Elles servent aussi de référence pour interpréter les analyses de solution racinaire. Des incohérences régulières ont été relevées entre la solution d'apport calculée et la solution d'apport réalisée, même avec des EC identiques. Et certains éléments sont particulièrement impactés.

Des comparaisons ont été faites à plusieurs reprises, notamment dans le réseau fertilisation hors sol de l'APREL. Plusieurs hypothèses peuvent être émises :

- évolution de l'eau de départ,
- modification de la conductivité par rapport au calcul. L'impact est d'autant plus fort que l'eau de départ est chargée,
- problème au niveau de l'injection. Par exemple effet négatif sur certains chélates (voir ci-dessus),
- possibilité d'erreur lors de la fabrication des solutions mères sur les quantités ou le choix des engrais (par exemple achat d'engrais différents de ceux pris en compte pour le calcul).

Des incohérences ont aussi été révélées pour un même échantillon envoyé à 2 laboratoires différents.

4.4.3 La solution de drainage

On considère que la solution récupérée au drainage donne une représentation de la solution racinaire et donc de l'assimilation des éléments par les plantes (Annexe 1). Les analyses permettent de suivre les teneurs et les équilibres entre les éléments minéraux et de modifier si nécessaire la solution d'apport pour correspondre le mieux possible aux besoins de la culture. L'interprétation des résultats d'analyse de drainage se fait selon des référentiels (voir ci-dessous) et également en fonction du contexte de la culture.

a) Les pourcentages de drainage et les EC de drain

D'après les références disponibles dans le réseau, le pourcentage de drainage moyen sur une saison se situe autour de 25 %. Comme pour les apports, les EC au drain ont globalement augmenté ces dernières années par rapport aux anciennes références.

Lors du suivi de 3 sites en 2008/2009 (Annexe 1), la conductivité moyenne au drain sur la saison a été de 5.4 mS. Comme pour l'apport, les EC au drain en saison chaude sont significativement plus basses qu'en période froide.

b) Les équilibres minéraux

K, Ca et Mg

Les équilibres favorables entre cations principaux sont donnés par le Ctifl (tableau ci-dessous). On considère comme pour l'apport, les rapports : $K / (Ca+Mg)$, K/Ca et Mg/Ca . Ces équilibres sont évolutifs selon le stade de la plante. Concernant les équilibres du drain, en pratique, le K/Ca peut varier de 0,3 à 1,5 selon le stade, la saison et la variété. Comme pour les solutions d'apport, il serait intéressant de recenser des analyses de drainage actuelles pour faire le point sur les pratiques actuelles dans la région.

Equilibres en tomate hors-sol au Drain

Equilibre		Extra-calcique	Potassique	Extra-potassique
Stade de la plante		E-F2 / Eté	F2-F6	F6-R2
	$K/(Ca+Mg)$	0,4		
Rapports	K/Ca	0,3-0,5	0,5-0,7	0,7-1,5
	Mg/Ca	0,5		

N par rapport à l'EC, à Cl, Na, SO4

Les rapports entre l'azote N-NO3 et l'EC, Cl, SO4, Na sont de bons indicateurs de substitution à l'apport des nitrates par d'autres éléments. Leur suivi au drainage doit permettre de vérifier qu'on reste dans des limites acceptables pour l'alimentation des plantes et le risque de toxicité pour les cultures. Nous ne disposons à ce jour que de très peu de références sur ces rapports.

Lors de l'étude APREL/CA13/CETA13 en 2008/2009 (Annexe 1), il avait été observé par rapport aux références plus anciennes une baisse du rapport NO3 /EC et une augmentation du rapport Cl/EC, ce qui confirme la diminution de la part d'azote dans la solution au profit du chlore.

Teneur en azote

La proportion d'azote dans les solutions de drainage a progressivement baissé ces dernières années par rapport aux références, en général au profit du chlore. Mais dans certains cas, l'augmentation moyenne des conductivités limite l'impact de cette baisse.

5- Conclusion

Les travaux de cette année ont mis en évidence certains points tels que :

- la nécessité d'un équipement performant et contrôlé
- la nécessité de réaliser des analyses de contrôle des solutions d'apport et de drain
- le lien entre irrigation et fertilisation : la réussite de la fertilisation est liée à une irrigation adaptée
- une proportion d'azote dans les solutions plus basse mais une conduite à EC plus élevée que dans les références
- Le besoin de travailler avec un réseau de conseillers pour établir des références très récentes sur les niveaux d'azote dans les solutions, l'utilisation d'ions non alimentaires, les équilibres dans les solutions
- le besoin de références également sur la gestion de la fertilisation dans les systèmes recyclés.

Perspectives de travail 2016:

Afin de pérenniser le groupe de travail, il serait intéressant de proposer et de faire valider un programme d'étude sur la fertilisation hors-sol à la commission des programmes de l'APREL. Ce programme devrait permettre de faire un état des lieux sur la fertirrigation et les équilibres de fertilisation pratiqués en culture de tomate hors sol dans la région sur le modèle de l'enquête réalisée en 2007, pour remettre à jour les données, notamment sur la quantité d'azote utilisée.

A cette fin, il peut être envisagé de récupérer des analyses d'apport et de drain dans les différents CETAs qui suivent de la tomate hors sol ainsi que d'autres partenaires impliqués dans le suivi des cultures hors sol dans la région et le Ctifl. A terme, à partir de ces données et de l'expertise des partenaires, il sera possible de définir un régime de fertilisation actualisé pour chaque stade de culture avec des concentrations en éléments minéraux et des équilibres les mieux adaptés. Actuellement, dans la solution racinaire, on cherche à maintenir un équilibre optimal tout au long de la culture. Il semble intéressant de chercher à mettre au point des équilibres optimaux à chaque stade.

Renseignements complémentaires auprès de :

Action A848, A849

B. GARD, Ctifl / APREL, 13210 St Rémy de Provence, tél. 04 90 92 39 47, gard@ctifl.fr

Réalisé avec le soutien financier de :



Région

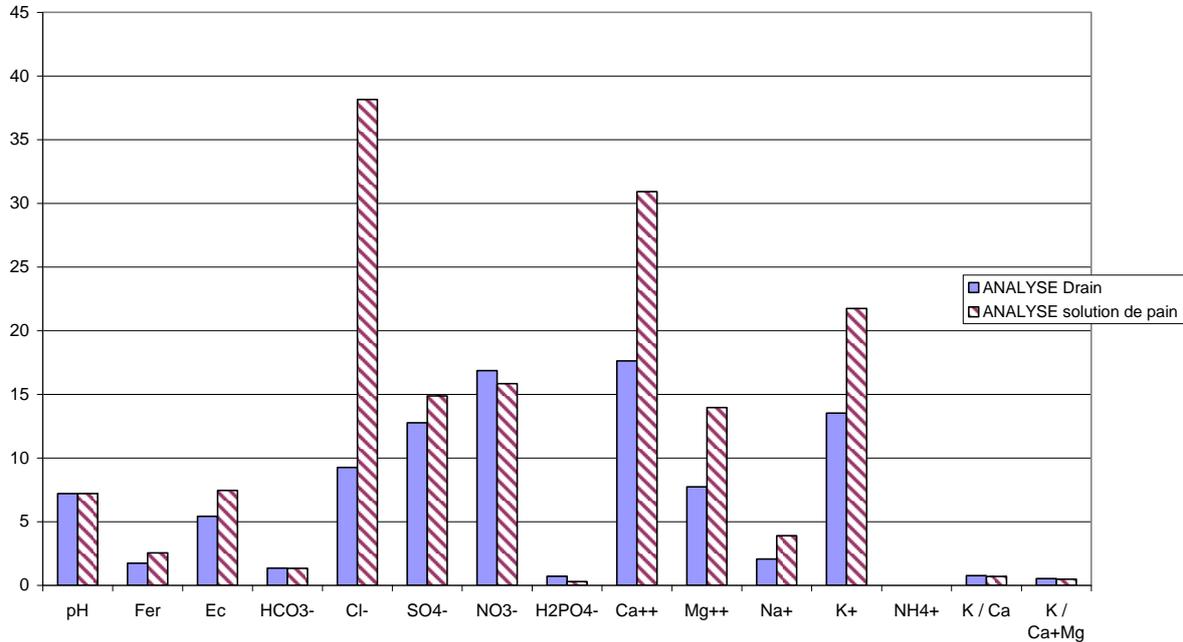


Provence-Alpes-Côte d'Azur

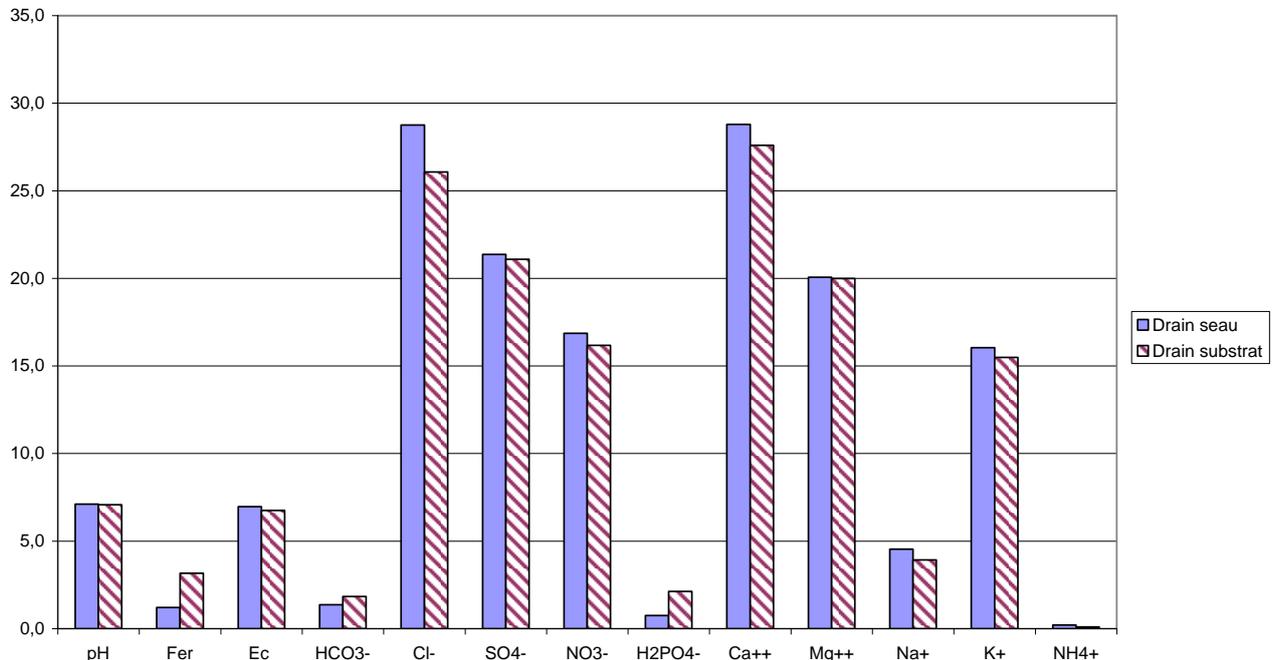
Annexe 1 : Comparaison des compositions dans le drain et dans le substrat (étude APREL/CA13/CETA 13 -2008/2009)

Ces graphiques montrent dans deux sites et lors de deux analyses les écarts entre les teneurs en éléments dans les solutions drainées et dans le substrat.

**Composition du drain dans le drainage et dans le substrat (en meq/l)
Site 1**



**Composition du drain dans le drainage et dans le substrat
SITE 3
(en meq/l)**



Sur le site 1, nous pouvons observer un écart pour le chlore, le calcium, le magnésium et le potassium alors que sur le site 3 il y a très peu d'écarts.

Ces résultats posent la question du substrat : sur ces deux sites les substrats sont différents, certains substrats ont-ils plus tendance à accumuler des ions ?

Une seule analyse ayant été effectuée sur chaque site, nous ne pouvons conclure sur cette question.