



Courgette sol

Suivi de la fertilisation et de l'irrigation

2015



Marianne DE CONINCK - CETA de Berre l'Etang, Isabelle BOYER - ARDEPI, 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 - Thème de l'essai

Le nouvel arrêté établissant le référentiel régional de mise en œuvre de l'équilibre de la fertilisation azotée pour la région Provence-Alpes-Côte d'Azur entre en vigueur au 1^{er} septembre 2014 sur les zones vulnérables. Il prévoit pour les cultures maraîchères un calcul de la dose prévisionnelle d'azote à apporter sur la base d'une équation simplifiée fonction du rendement prévisionnel. Des suivis ont été initiés en 2013 sur cultures de tomate, poivron et courgette. Ils sont élargis à une dizaine de parcelles en 2014 et 2015.

2 – But de l'essai

En rapport avec les exigences environnementales renforcées par la directive nitrates, la limitation des quantités de fertilisants apportés à une culture s'impose.

Avec des outils simples, il s'agit de :

- suivre les besoins en azote de la plante et la disponibilité en azote du sol,
- évaluer les quantités totales d'azote apportées et le rendement moyen de la culture
- vérifier que l'arrosage ne donne pas lieu à des lessivages d'engrais
- proposer des solutions de réduction d'intrants azotés

Cet essai participe à l'actualisation des références de fertilisation en cultures maraichères et doit amener les producteurs à être en adéquation avec la directive nitrates.

3 – Facteurs et modalités étudiées

Dans le cadre du suivi, une seule modalité est étudiée : la conduite de fertilisation et d'irrigation du producteur.

4 – Matériel et méthodes

4.1 Site d'implantation

Dimitri INFOSSI, Berre l'Etang (13), 1,25 ha de serres,
Maraichage diversifié en agriculture conventionnelle

Parcelle : Serre verre basse (SV3), 3000m², orientation Est-Ouest
Précédent cultural : courgette puis solarisation (printemps-été 2014)

Données culturales :

Espèce	Courgette
Variété	Céleste (Gautier)
Densité, dispositif	1,06 plants/m ² , 6 rangs par chapelle dont 2 doubles, Plantation tous les 70cm
Palissage	pas de palissage
Plantation	4 mars 2015
Début récolte	11 avril 2015
Arrachage	30 Juin 2015
Blanchiments	3 juin 2015 (4 pots / ha)

Type de sol : drainant, 30% de cailloux (diamètre > à 2mm), 3,9% de MO, 495 unités d'azote disponibles avant plantation, dues à la solarisation précédente (analyse de sol extrait à l'eau en annexe).

Pratiques de fertirrigation :

Origine de l'eau	Eau de forage
Dispositif d'arrosage	Goutte à goutte jetable, 1 ligne/rang, 3,5 goutteurs/plante, 20 cm entre goutteurs, 1 litre/heure
Conduite d'arrosage	1 à 2 arrosages / jour, durée 20 à 60 minutes par arrosage. Quelques aspersion pendant le premier mois de culture
Amendement organique	Vegethumus (2 T/ha), en plein
Conduite de fertilisation	En cours de culture, injection d'engrais complet Optiplant (16-8-28) via le goutte-à-goutte.

4.2 Observations et mesures

- Observation des plantes, suivi cultural tous les 15 jours
- Analyse de l'azote disponible dans le sol par Nitratest : chaque semaine.
- Suivi tensiométrique : 6 tensiomètres avec monitoring (1 sonde à 15 cm, 2 sondes à 20cm, 1 sonde à 30cm, 2 sondes à 35cm), relevés et interprétation chaque semaine par l'ARDEPI
- Notations du producteur : nombre et durée des arrosages, quantité et type d'engrais, rendement

4.3 Traitement statistique

Les données obtenues dans le cadre de ce suivi ne permettent pas d'analyse statistique.

5 - Résultats

➤ Suivi cultural

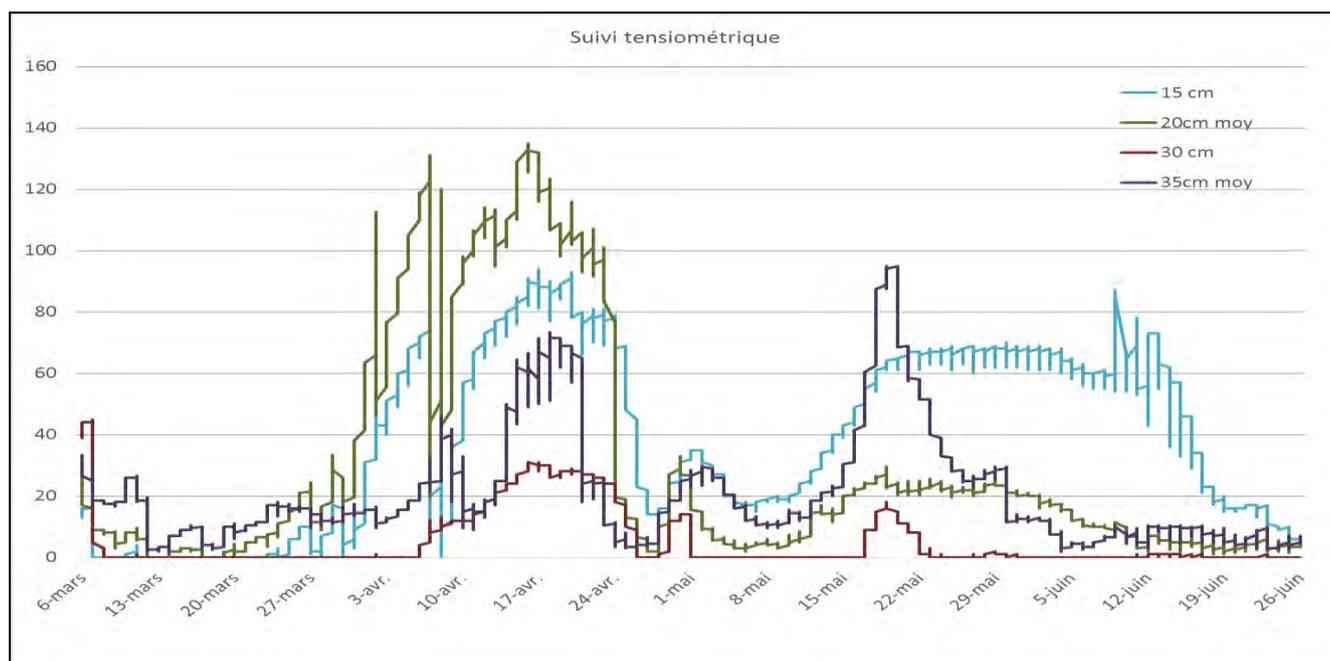
La culture s'est bien implantée. On a noté des écarts de croissance entre les rangs de centre-chapelle et ceux de bordure, liés à une aspersion non homogène : les rangs de bordures étaient moins poussants et plus faibles que ceux du centre. L'arrêt des aspersion a réduit le problème.

L'entrée en production a eu lieu normalement 5 semaines après plantation. Au bout d'un mois de récolte, la production a légèrement baissé, et les fruits se sont un peu éclaircis.

Au bout de 2 mois de récolte, sur la 2^{ème} semaine de juin, un virus s'est exprimé très rapidement sur 50% des plantes, menant à l'arrachage le 30 juin.

Le rendement final est d'environ 5,7 kg/m². Notons que cette serre a produit nettement moins qu'une serre voisine plantée en variété Cora.

➤ Irrigation



Suivi tensiométrique (Ardépi) :

L'humidité du sol en début de culture est en confort jusqu'au 10 avril avec des tensions en profondeur qui augmentent progressivement. Du 10 avril au 24 avril, l'ensemble des tensions augmentent très fortement (stress hydrique possible) malgré l'augmentation du temps d'irrigation à une heure/jour. L'assèchement du sol est lié à l'arrêt des aspersion.

Un test de débit/pression est effectué le 8 avril, montrant une pression insuffisante qui est corrigée en changeant les régulateurs de pression. A partir de mai, le producteur fractionne les irrigations en deux fois/j grâce à l'installation d'un programmeur, ce qui permet de revenir à une humidité du sol plus homogène.

Durant le mois de mai, la tendance est au confort maîtrisé, qui devient excessif durant le mois de juin et ce, jusqu'à la fin de la culture (saturation de l'ensemble du profil). Globalement, la conduite de l'irrigation apparaît confortable, avec 3 périodes de lessivage possible (du 25 au 28 avril, du 01 au 12 mai, du 04 au 26 juin fin de la culture).

La conduite de l'irrigation peut être améliorée par le changement du système d'aspersion qui localise l'eau sous la rampe et crée des différences importantes de répartition de l'eau et de vigueur sur la culture.

Le contrôle des pressions en début de culture reste primordial pour bien maîtriser les apports d'eau. Pour améliorer la diffusion de l'eau sur ce type de sol, on pourrait envisager le fractionnement de l'irrigation jusqu'à 4 fois par jour en période de forte consommation.

Estimation de l'azote apporté par l'eau d'irrigation :

Tous les arrosages ont été notés : soit un total de **98 heures** d'arrosage, pour 4 mois de culture (sans compter quelques aspersion en début de culture).

- Volume d'eau apporté :

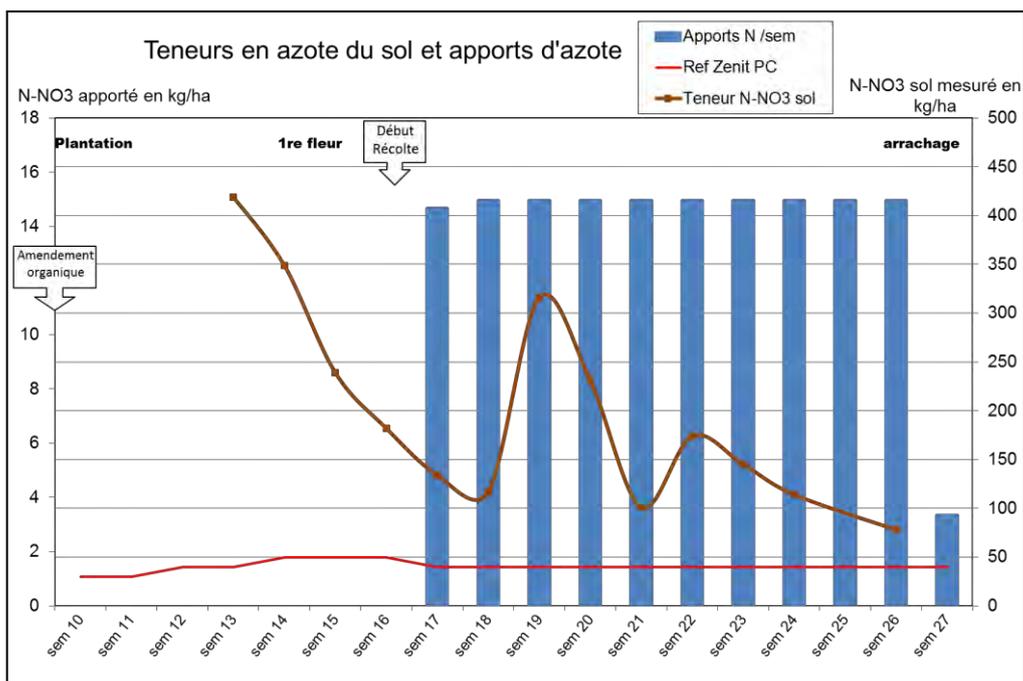
$2,5 \text{ goutteur/tête} * 1,06 \text{ têtes/m}^2 * 1,0 \text{ L/h} * 98 \text{ heures d'arrosage} = 260 \text{ L/m}^2$ soit 245 L/tête

- Apport d'azote par l'eau d'irrigation :

L'eau du forage comporte une concentration en azote (issu des nitrates) de 28,7mg/l (analyse de 2014 d'un forage voisin), donc la quantité d'azote apportée par l'eau d'irrigation est de :

$28,7 \text{ mg/L} * 260 \text{ L/m}^2 / (100) = 75 \text{ kg/ha}$.

➤ Evolution des nitrates dans le sol et apports d'azote



Les teneurs en nitrates du sol sont toujours supérieures aux références Zénit. La forte minéralisation liée à la solarisation précédente permet de démarrer la fertirrigation tardivement. Les premiers apports (Optiplant) semblent pouvoir être diminués afin d'éviter le pic de nitrates 3 semaines après le démarrage de la fertilisation.

D'autre part, l'observation parallèle de cette courbe avec les courbes tensiométriques permet de constater une correspondance entre 2 périodes de saturation et 2 périodes de fort abaissement des nitrates pouvant entraîner du lessivage.

➤ Fertilisation :

Détails sur la conduite réalisée :

La solarisation (été 2014) ayant engendré beaucoup de minéralisation, seul un amendement organique a été épandu avant plantation.

Afin d'aider l'enracinement des jeunes plants, on a utilisé Osyryl (stimulant) plutôt que du phosphate mono-ammonique couramment utilisé.

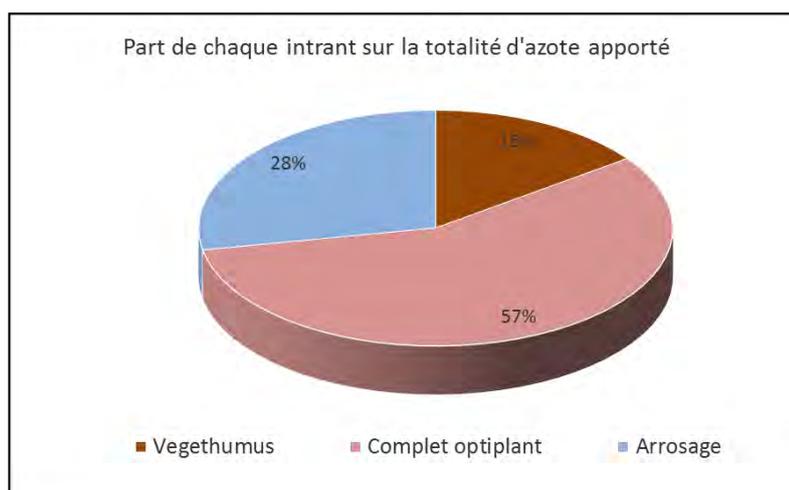
6 semaines après plantation (début récolte), on a commencé à fertiliser avec l'engrais complet **Optiplant** 16-8-28 (+ fer et oligo-éléments). La quantité apportée est déterminée chaque semaine, selon les résultats des nitrates. La cuve d'engrais sert aussi à fertiliser les autres cultures de l'exploitation : tomate, poivron, aubergine. C'est pourquoi, du **sulfate de potasse** a été ajouté pour les tomates ; il permet d'augmenter l'EC, d'améliorer la coloration des fruits, sans apporter de nitrates supplémentaires.

Du **sulfate de magnésie** a été ajouté pour améliorer la couleur des fruits de courgette.

Bilan des quantités d'azote apportées sur la parcelle :

	Intrant	Teneurs N-P-K	Quantité apportée (en l/ha ou kg/ha)	Unités N (kg/ha)	Unités P (kg/ha)	Unités K (kg/ha)
Eau d'irrigation	Forage			75	-	-
Amendement avant plantation	Végéthumus	2-0.5-1	2000	40	10	20
Engrais minéraux en cours de culture, via la fertirrigation	Optiplant	16-8-28	946	151	76	267
	Sulfate de potasse	0-60-0	42	0	0	151
	Sulfate de magnésie	0-0-0	300	0	0	0
	TOTAL			266	86	438

Dans nos essais, c'est la première fois que l'on réalise le calcul de l'azote apporté par l'eau de forage. Celle-ci étant chargée en nitrates, la part de l'azote amenée par l'eau est loin d'être négligeable.



6 - Conclusions

Le rendement de cette serre est estimé à 5,7 kg/m², soit **57 T /ha** (1^{er} et 2nd choix).

Pour la courgette sous-abri, la réglementation en zone vulnérable nitrates autorise :

$2,5 * \text{rendement (T/ha)} + 50 = 2,5 * 57 + 50 = \mathbf{192,5 \text{ kg/ha d'azote}}$.

La quantité totale d'azote apporté à la culture est de **266 kg/ha**, soit **4,67 g d'azote/ kg** de courgette produit.

Elle dépasse de 73,5 kg/m² la dose autorisée par la directive nitrates, soit +38%.

Marges de manœuvre pour améliorer le résultat :

- Cette variété n'a pas été aussi productive qu'une autre variété produite sur l'exploitation. Changer de variété permettrait d'augmenter le rendement, ainsi que le seuil autorisé de fertilisation. Le choix variétal dépend de nombreux paramètres.
- En moyenne, les apports hebdomadaires étaient de 14 unités d'azote hebdomadaires : vu la courbe d'azote dans le sol, on pourrait baisser cette dose à 12.
- Une irrigation encore plus optimisée permettrait d'éviter la perte d'engrais par lessivage.
- 3 semaines avant la fin de culture, on pourrait réduire les apports azotés.

Limites à l'amélioration :

- Avant plantation, le sol étant très riche en azote, seul un amendement organique a été réalisé. Sans solarisation, un apport d'engrais complet en partie organique est souvent nécessaire pour implanter la culture dans de bonnes conditions.
- Dans cette exploitation, le système de fertirrigation alimente des serres avec de multiples espèces maraichères. Il n'est pas possible de conduire la fertirrigation différemment entre les différentes serres. C'est souvent un compromis entre les besoins de toutes les cultures.

Autres conclusions :

Le suivi tensiométrique par l'Ardépi a permis au producteur de bien progresser sur sa gestion des arrosages et sur la maîtrise de son installation. Les lessivages pourront ainsi être en partie évités et optimiser les apports d'engrais.

Renseignements complémentaires auprès de :

Action A 852

O. de Coninck Marianne, CETA de BÉRRE l'ETANG, 4533 voie J-P LYON, coop. Agricole, 13 130 Berre l'Etang, 06 18 02 29 88, ceta.berre@free.fr

Annexes :

Analyses de sol extrait à l'eau (GALYS) le 16-01-2015		Analyse d'eau de forage voisin (GALYS) le 14/03/2014	
MO	3,9 %	HCO3	298,3 mg/L
Conductivité totale	0,87 mS/cm	Conductivité 25°C	1,152 mS/cm
N-NH4	14,4 mg/kg	N-NH4	0,1 mg/L
N-NO3	168,4 mg/kg	N-NO3	28,7 mg/L
P-H2PO4	2,2 mg/kg	P-H2PO4	1,0 mg/L
K	138,5 mg/kg	K	27,2 mg/L
Ca	660,0 mg/kg	Ca	175,7 mg/L
Mg	68,0 mg/kg	Mg	20,0 mg/L
S-SO4	462,0 mg/kg	S-SO4	67,2 mg/L
Cl	101,3 mg/kg	Cl	70,0 mg/L
Na	143,0 mg/kg	Na	46,3 mg/L

Réalisé avec le soutien
financier de :

Région



Provence-Alpes-Côte d'Azur



Courgette sol

Suivi de la fertilisation et de l'irrigation



2015



Isabelle Hallouin - Chambre d'agriculture des Bouches-du-Rhône, Emeline Feuvrier – CETA Saint Martin de Crau – Claire Goillon - APREL – Isabelle Boyer ARDEPI

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

1 - Thème de l'essai

Le nouvel arrêté établissant le référentiel régional de mise en œuvre de l'équilibre de la fertilisation azotée pour la région Provence-Alpes-Côte d'Azur entré en vigueur au 22 juillet 2014 sur les zones vulnérables. Il prévoit pour les cultures maraîchères un calcul de la dose prévisionnelle d'azote à apporter sur la base d'une équation simplifiée fonction du rendement prévisionnel. Depuis 2013 des suivis de parcelles sur l'ensemble des cultures maraîchères sont organisés au sein du réseau APREL.

2 – But de l'essai

En rapport avec les exigences environnementales renforcées par la directive nitrates, la limitation des quantités de fertilisants apportés à une culture s'impose.

Avec des outils simples, il s'agit de :

- suivre les besoins en azote de la plante et la disponibilité en azote du sol,
- évaluer les quantités totales d'azote apportées et le rendement moyen de la culture
- vérifier que l'arrosage ne donne pas lieu à des lessivages d'engrais
- proposer des solutions de réduction d'intrants azotés

Cet essai participe à l'actualisation des références de fertilisation en cultures maraîchères et doit amener les producteurs à être en adéquation avec la directive nitrates.

3 – Facteurs et modalités étudiées

Dans le cadre du suivi, une seule modalité est étudiée : la conduite de fertilisation et d'irrigation du producteur.

4 – Matériel et méthodes

4.1 Site d'implantation

Sud des Bouches-du-Rhône, surface totale = 2.8 ha, cultures salades, courgettes et tomates sous abris

Parcelle : Culture sous tunnel plastique 8 m Nord Sud (longueur 80 m, surface totale 640 m²)

Rotation : salade - courgette – solarisation 1 ans sur 2 - salade - tomate

Pas de chauffage

Données culturales :

Espèce	Courgette
Variété	Géode
Précédent	tomate - salade
Densité, dispositif	Densité : 1.5 plants / m ² 6 rangs (2 simples, 2 doubles) Écart entre plantes rangs doubles : 50 cm, écart entre plantes rangs simples : 42 cm
Palissage	à partir d'avril
Plantation	le 16 février 2015
Début récolte	le 30 mars 2015
Fin récolte	autour du 10 juillet 2015
Blanchiments	Aucun

Type de sol :

Une analyse granulométrique réalisée en 2014 montre que le sol est de texture limoneuse argilo-sableux (cf. analyse en annexe). Le taux de MO est de 3.22%, sur l'analyse en extrait à l'eau de 2015. (cf. analyse en annexe)

En complément, un prélèvement de sol a été réalisé en 2014 pour calculer le pourcentage de cailloux du sol. Après tamisage des particules > 2mm, il ressort que ce sol est composé de 40% de cailloux en volume.

L'analyse en extrait à l'eau réalisée en février 2015 montre que le sol est initialement très bien pourvu en éléments minéraux avant plantation. La teneur en azote est de 44.1 mg/kg. Si l'on considère que ce sol est constitué de 60% de terre fine, 1ha de terre fine sur 30 cm pèse 2520 tonnes. Il y a donc un équivalent de 111 kg/ha de N-NO₃⁻ dans le sol, ce qui est suffisamment élevé pour le démarrage de la culture (analyse en annexe).

Calcul du coefficient à appliquer aux résultats du Nitratetest :

Un coefficient doit être appliqué aux résultats donnés par le Nitratetest pour convertir les concentrations de nitrates (NO₃⁻ en mg/L) en azote nitrique (N-NO₃⁻ en kg/ha)

Ce coefficient est calculé avec la formule :

$$(100+H)/(100-H) * 14/62 * da * p * 10 * tf$$

Avec :

H : l'humidité du sol qui doit être proche de 15%

da : la densité apparente

p : la profondeur de prélèvement

tf : le pourcentage de terre fine

14/62 permet de convertir l'azote de la forme NO₃ à la forme N

Valeurs prises pour l'essai

15 %

1.45

0.3 (pour 30 cm)

0.6

Le coefficient a ainsi une valeur de 0.8. Il sera appliqué aux résultats des nitratests.

Pratiques de fertirrigation :

Origine de l'eau

Puit

Dispositif d'arrosage

2 lignes de T-tape goutte à goutte jetable / rang, écarts entre les goutteurs 20 cm, débit des goutteurs 1 l/h, pluviométrie théorique = 4.95 mm/h

Conduite d'arrosage

Manuelle : 1 arrosage par jour dont la durée est ajustée en fonction des tensions enregistrées par le monitor (6 sondes watermark® avec enregistreur automatique). Fractionnement : il y a eu quelques fois 2 arrosages par jour en début de culture.

Amendement organique

Aucun

Conduite de fertilisation

engrais simples (Nitrate d'ammoniaque, nitrate de potasse, Sulfate de magnésie, sulfate de potasse, phosphate mono-ammonique) / engrais composés (15-9-30) apportés au goutte à goutte presque tous les jours avec des arrêts de 1 ou 2 jours tous les 4, 5 jours en général.

Les quantités d'engrais apportées ont été ajustées en fonction des résultats nitratetest du sol.

Il y a des apports d'engrais presque à chaque arrosage.

4.2 Observations et mesures

- Observation des plantes, suivi cultural tous les 7 jours
- Analyse des teneurs en azote dans le jus pétiolaire selon la méthode Pilazo : pas de méthode disponible en courgette
- Analyse de l'azote disponible dans le sol par Nitratetest toutes les semaines.
- Suivi tensiométrique : Des sondes Watermark® accompagnées d'un monitor ont été positionnées à 15 et 30 cm dans le sol. Le relevé des enregistrements du Monitor a été effectué toutes les semaines par l'ARDEPI.
- Notations du producteur : nombre et durée des arrosages, quantité et type d'engrais, rendement

4.3 Traitement statistique

Les données obtenues dans le cadre de ce suivi ne permettent pas d'analyse statistique.

5 - Résultats

➤ **Suivi cultural**

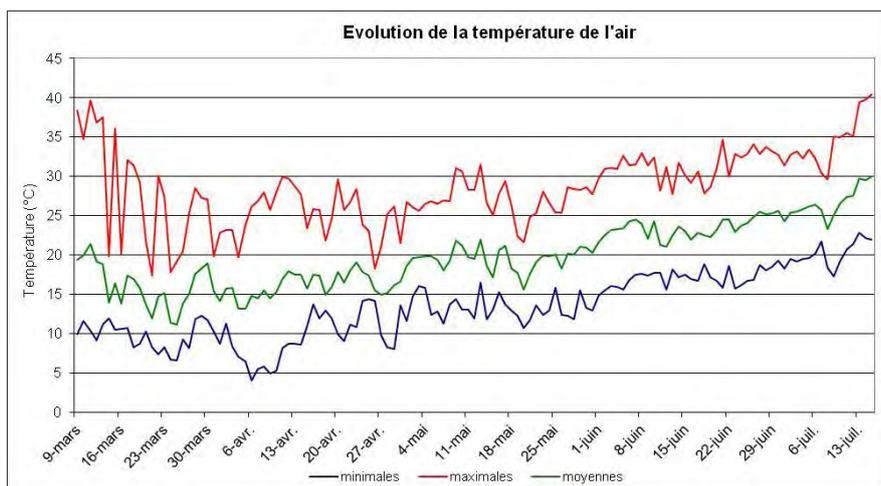
Les plantes étaient de vigueur moyenne à bonne. La variété Géode est une variété généralement de bonne vigueur. Dans cet essai, les plantes étaient un peu plus claires dans le tunnel avec le suivi fertilisation que dans le tunnel voisin. La différence entre les deux tunnels a été une fertilisation de fond avec un engrais organique (dosage : 6-4-12 quantité 1500 kg/ha) non réalisée dans le tunnel avec suivi fertilisation.

Le rendement final a été supérieur à 10 kg/m², sans différence significative entre les deux tunnels (avec fumure de fond et sans fumure de fond).

Au niveau phytosanitaire, une attaque de pucerons puis d'aleurodes s'est développée de façon assez importante courant mai et juin avec une présence moyenne d'auxiliaires. La présence d'oïdium est restée à un niveau faible avec une augmentation en fin de culture.

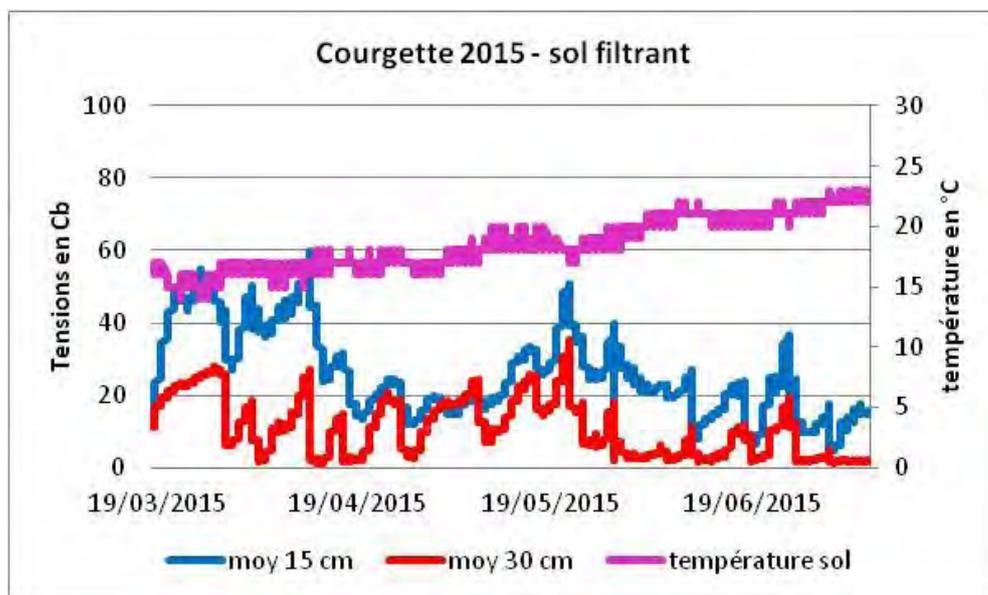
Le climat a été chaud, presque caniculaire courant juin.

Les enregistrements de températures dans la culture donnent une température moyenne comprise entre 15 et 20°C jusqu'au 1^{er} juin. A partir de début juin, les températures moyennes sont supérieures à 20°C et les températures maximales autour ou supérieures à 30°C (cf. graphique ci-dessous). Il n'y a pas eu de blanchiment.



➤ Irrigation

Suivi tensiométrique



Du 19 mars (début de culture) jusqu'au 30 mars, les tensions en profondeurs sont très similaires, elles progressent régulièrement de 10 cb à 28 cb.

Tout le mois d'avril et mai, les tensions alternent entre des saturations de courtes durées et des progressions rapides.

Jusqu'au 25 mai, une bonne maîtrise des irrigations maintient les courbes à 30 cm au-delà de 10 cb. Mais un épisode venté nécessite une augmentation des irrigations pour limiter le dessèchement du sol du 24 mai au 16 juin (semaine 22 à 25) qui met l'horizon profond en très grand confort hydrique. Cette période a pu engendrer un lessivage des fertilisants, qui se reproduit en fin de culture.

La pratique de l'irrigation sur cette parcelle est globalement maîtrisée, le fractionnement des irrigations pourrait améliorer la diffusion de l'eau et limiter les pics de saturations. Un pilotage plus restrictif en fin de culture pourrait permettre de limiter un possible lessivage des fertilisants.

Estimation de l'azote apportée par l'eau d'irrigation :

- Volume d'eau apporté :

Nb de goutteurs/plante * nb plants/m² * débit (L/h) * nb d'h d'arrosage = volume en L/m²

Soit : $3.3 * 1.5 * 1 * 66 = 327 \text{ L/m}^2 = 327 \text{ mm}$

- Apport d'azote par l'eau d'irrigation :

Concentration de l'eau en nitrates (mg/L) / 4.43 * volume d'eau (L/m²) = quantité d'N-NO₃- (en mg/m²) /100 (en kg/ha)

Soit $15/4.43 * 327 / 100 = 11 \text{ kg/ha}$

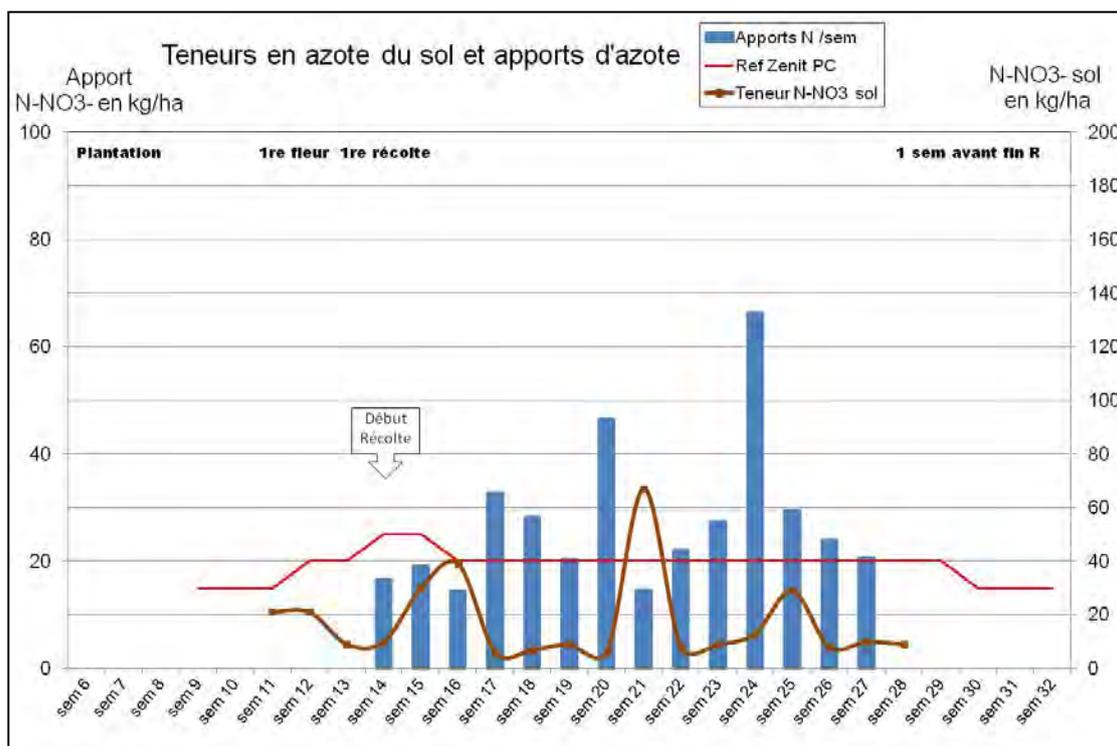
La concentration de nitrates dans l'eau a été mesurée avec une bandelette et le Nitrachek. L'azote apporté par l'eau d'irrigation pendant la durée de la culture (environ 327 L/m²) est estimé autour de **11 unités**.

➤ **Fertilisation :**

Il n'y a pas eu de fertilisation avec une fumure de fond dans le tunnel suivi car le résultat de l'analyse de sol indiquait une teneur en azote du sol suffisante pour le démarrage de la culture (autour de 110 unités d'azote). La fertilisation par ferti-irrigation a débuté la semaine 14 (fin mars), lors du début de la récolte. Les engrais sont apportés sur plusieurs jours dans la même semaine. Le type d'engrais et les quantités utilisées sont décrits dans le tableau ci-après.

Evolution des nitrates dans le sol et apports d'azote

L'évolution des nitrates dans le sol et les recommandations de la grille Zenit pour la courgette de plein champ sont présentées dans le graphique ci-dessous. Il n'y a pas de grille Zenit pour la courgette sous abri.



Les mesures de l'azote dans le sol ont été en dessous de la grille zenit sauf la semaine 21.

Malgré de faibles valeurs d'azote mesurées dans le sol, les apports d'engrais ont été maintenus entre 10 et 30 unités / semaine sauf en semaine 20 et 24. Pour ces deux semaines, les apports ont été plus importants surtout la semaine 24 en réponse à des mesures d'azote dans le sol toujours très faibles et à l'observation d'un manque de vigueur de la végétation.

Sur le graphique, on constate des variations des mesures d'azote dans le sol qui pourraient être la conséquence d'un apport d'engrais plus important la semaine précédente (exemple : semaine 20 apport important d'engrais → résultat mesure d'azote du sol semaine 21 en progression) cependant la chute des mesures d'azote du sol est difficile à expliquer.

Les irrigations étant importantes à ce moment-là, une perte par lessivage est envisageable sur l'horizon 0-30 cm (horizon de prélèvement de sol pour le Nitratest). La hausse de production à cette période aurait également pour conséquence une consommation d'azote plus élevée.

Pour comparaison, le tunnel à côté du tunnel en suivi a été fertilisé avec un engrais organique en fumure de fond (dosage : 6-4-12 quantité 1500 kg/ha). Dans le tunnel fertilisé avec une fumure de fond, les plantes étaient, en début de culture, un peu plus vigoureuses que dans le tunnel d'essai (plantes plus vertes foncées et plus végétatives). En cours de culture, la différence de vigueur s'est un peu estompée entre les deux tunnels. D'autre part, des problèmes sanitaires survenus de façon plus importante dans le tunnel d'essai ont rendu la comparaison plus difficile (cf. paragraphe suivi cultural).

Des mesures Nitratest sol, réalisés la semaine 13 (dernière semaine de mars), ont indiqué dans le tunnel d'essai une teneur en azote du sol de 9 unités, dans le tunnel voisin, fertilisé avec une fumure de fond, la teneur en azote du sol mesurée était de 19 unités.

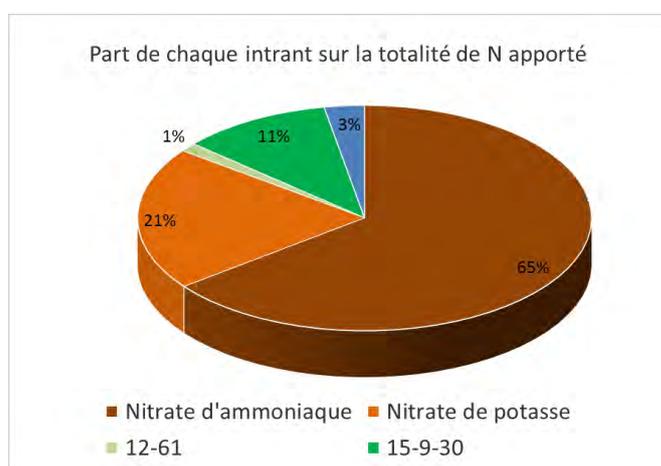
Les résultats du Nitratest indiquant de faibles teneurs en azote dans le sol ont rendu le pilotage difficile et ont soulevé des interrogations : les résultats du Nitratest sont-ils dépendant du type d'engrais utilisé ? La mesure reflète-t-elle bien les apports d'azote sous forme ammoniacale ?

Le rapprochement entre les proportions d'engrais ammoniacal ou nitrique apportées et les résultats des nitratest ne montre pas a priori de cohérence entre la forme de l'azote apporté par ferti-irrigation et le résultat du nitratest (cf. graphique en annexe 3).

Par contre dans les sols très caillouteux, la mesure par Nitratest est plus difficile, notamment parce que la tarière descend plus difficilement dans le sol, l'échantillon de terre est moins homogène d'un prélèvement à l'autre. Le type de sol pourrait influencer de façon plus certaine le résultat du Nitratest et rendre le pilotage difficile.

Bilan des quantités d'engrais apportés

	Intrant	Dosage	Quantité apportée (en kg/ha)	Unités N (kg/ha)	Unités P (kg/ha)	Unités K (kg/ha)
Amendement avant plantation	Aucun					
Engrais minéraux en cours de culture, via la fertirrigation	Nitrate d'ammoniaque	34.8-0-0	715	249		
	Nitrate de potasse	13-0-46	610	79		285
	Sulfate de potasse	0-0-50	60			30
	Sulfate de Magnésie		290			
	Phosphate mono-ammonique	12-61-0	40	5	24,4	
	15-9-30	15-9-30	275	41,25	24,75	82,50
Eau d'irrigation		15 mg/l		11		
TOTAL				396	49	394



Au total, 396 unités d'azote sont apportés sur la culture de courgette.

Le nitrate d'ammoniaque représente 65% de la fertilisation azotée pratiquée sur cette culture.

6 - Conclusion

Le rendement en courgettes rondes a été supérieur à 10 kg/m².

D'après l'équation simplifiée en zone vulnérable pour la courgette sous abri, la quantité maximale d'azote à apporter en rapport avec ce rendement est $D = 2.5 \cdot 100 + 50 = 300$ unités.

Dans le tunnel suivi, la quantité totale d'azote apportée est de : **396 unités**, soit une différence de 30%.

La fertilisation pratiquée est supérieure de 30% par rapport à la dose réglementaire mais on constate un progrès intéressant par rapport au suivi 2014. L'impasse faite sur la fumure de fond a permis de réduire les apports d'azote mais peut avoir un effet sur le maintien de la vigueur. Par ailleurs, en 2014, la variété longue précoce Cora connue pour sa faible vigueur méritait d'être plus soutenue en fertilisation que la variété Géode initialement plus vigoureuse.

Pour le pilotage de la fertilisation, on retient de ces suivis en courgette un manque d'indicateurs. En sol caillouteux, les prélèvements sont difficiles à faire et rendent le pilotage avec Nitratest peu précis avec le risque d'inciter à augmenter la fertilisation. Les mesures de nitrates dans le sol ont permis de suivre globalement « une tendance d'évolution » mais n'ont pas permis de se référer à la grille Zenit. Le pilotage s'est donc basé sur la différence de mesures par rapport à la semaine précédente sans trop tenir compte la valeur obtenue. Le risque a été réduit par moment avec des apports d'azote un peu plus élevés pendant la plus forte période de production de la culture (semaines 21 et 24).

La quantité totale d'azote aurait pu être diminuée avec un arrêt de la fertilisation plus précoce, semaine 25 ou 26. L'arrêt de la fertilisation dépend de la date fin de récolte, celle-ci doit donc être fixée au préalable mais dépend beaucoup de la dynamique de commercialisation.

Une réflexion technico-économique pourrait être faite sur les types d'engrais utilisés. En effet, le nitrate d'ammoniaque est plus économique mais son efficacité est peut-être moindre par rapport à des apports d'azote essentiellement sous forme nitrate (nitrate de potasse ...).

Par ailleurs, les mesures de l'état hydrique du sol avec les tensiomètres indiquent une tendance à la saturation en fin de culture et ainsi un possible lessivage de l'azote. Il serait intéressant d'améliorer les mesures de l'azote dans le sol pour permettre de vérifier l'hypothèse du lessivage et voir si les racines peuvent prélever dans un horizon plus profond.

Renseignements complémentaires auprès de
Isabelle HALLOUIN, Chambre d'agriculture des Bouches-du-Rhône, Aix en Provence, 04 42 23 86 50,
i.hallouin@bouches-du-rhone.chambagri.fr

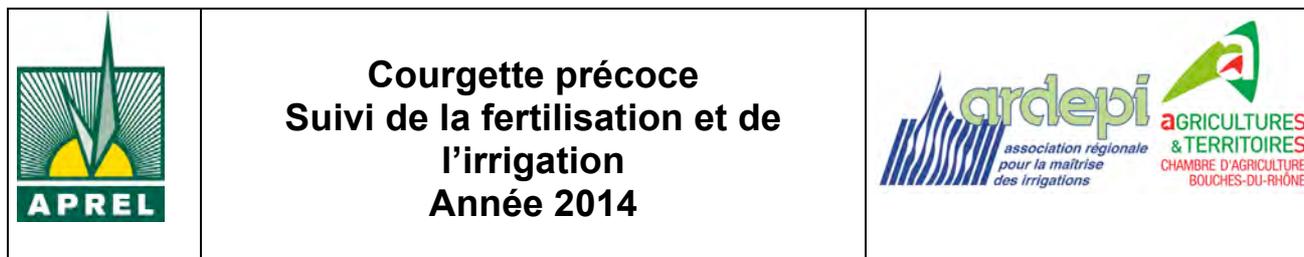
Action A853

Réalisé avec le soutien
financier de :

Région



Provence-Alpes-Côte d'Azur



Claire GOILLON, APREL – Emeline FEUVRIER, Ceta de Saint Martin de Crau - Isabelle HALLOUIN, CA13 - Anne TERRENTROY, CA13 – Isabelle BOYER, Ardepi

Essai rattaché à l'action n° :

Titre de l'action : Suivi des cultures pour la réduction des intrants azotés en rapport avec la ZVN

1 - Thème de l'essai

Le nouvel arrêté établissant le référentiel régional de mise en œuvre de l'équilibre de la fertilisation azotée pour la région Provence-Alpes-Côte d'Azur entre en vigueur au 1^{er} septembre 2014 sur les zones vulnérables. Il prévoit pour les cultures maraîchères un calcul de la dose prévisionnelle d'azote à apporter sur la base d'une équation simplifiée fonction du rendement prévisionnel. Des suivis ont été initiés en 2013 sur cultures de tomate, poivron et courgette. Ils sont élargis à une dizaine de parcelles en 2014.

2 – But de l'essai

En rapport avec les exigences environnementales renforcées par la directive nitrates, la limitation des quantités de fertilisants apportés à une culture s'impose.

Avec des outils simples, il s'agit de :

- suivre la disponibilité en azote du sol,
- évaluer les quantités totales d'azote apportées et le rendement moyen de la culture
- vérifier que l'arrosage ne donne pas lieu à des lessivages d'engrais
- proposer des solutions de réduction d'intrants azotés

Cet essai participe à l'actualisation des références de fertilisation en cultures maraichères et doit amener les producteurs à être en adéquation avec la directive nitrates.

3 – Facteurs et modalités étudiées

Dans le cadre du suivi, une seule modalité est étudiée : la conduite de fertilisation et d'irrigation du producteur.

4 – Matériel et méthodes

4.1 Site d'implantation

Site : une exploitation Sud des Bouches du Rhône (13)

Parcelle : Culture sous tunnel plastique 8 m Nord Sud (longueur 80 m, surface totale 640 m²)
 Rotation : salade - courgette – solarisation 1 ans sur 2 - salade
 Pas de chauffage

Données culturales :

Espèce Courgette
 Variété Cora

Densité, dispositif Densité : 1.5 plants / m²

	6 rangs (2 simples, 2 doubles) Écart entre plantes rangs doubles : 50 cm, écart entre plantes rangs simples : 42 cm
Palissage	à partir de début mai
Plantation	le 27 février
Début récolte	le 14 avril 2014
Fin récolte	le 10 juillet 2014
Blanchiments	Aucun

Type de sol :

Une analyse granulométrique montre que le sol est de texture limoneuse argilo-sableux (cf. analyse en annexe). Le taux de MO est de 2.64%.

En complément, un prélèvement de sol a été réalisé pour calculer le pourcentage de cailloux du sol. Après tamisage des particules > 2mm, il ressort que ce sol est composé de 40% de cailloux en volume.

Une analyse par extrait à l'eau montre que le sol est initialement très bien pourvu en éléments minéraux avant plantation. La teneur en azote est de 64.9 mg/kg. Si l'on considère que ce sol est constitué de 60% de terre fine, 1ha de terre fine sur 30 cm ne pèse pas 4200 tonnes mais 2520 tonnes. Il y a donc un équivalent de 163 kg/ha de N-NO₃⁻ dans ce sol, ce qui est très élevé. (analyse en annexe)

Calcul du coefficient à appliquer aux résultats du Nitratetest :

Un coefficient doit être appliqué aux résultats donnés par le Nitratetest pour convertir les concentrations de nitrates (NO₃⁻ en mg/L) en azote nitrique (N-NO₃⁻ en kg/ha)

Ce coefficient est calculé avec la formule :

$$(100+H)/(100-H) * 14/62 * da * p * 10 * tf$$

Avec :

H : l'humidité du sol qui doit être proche de 15%

da : la densité apparente

p : la profondeur de prélèvement

tf : le pourcentage de terre fine

14/62 permet de convertir l'azote de la forme NO₃ à la forme N

Dans cet essai les valeurs prises pour les différentes variables sont :

H : 15 %

da : 1.45

p : 0.3 (pour 30 cm)

tf : 0.6

Le coefficient a ainsi une valeur de 0.8. Il sera appliqué aux résultats des nitratests. Les nitratests ont été effectués par le Ceta de Saint Martin de Crau et la CA13.

Pratiques de fertirrigation :

Origine de l'eau forage

Dispositif d'arrosage Goutte à goutte rigide marque Agrodrip réutilisé, 1 ligne/rang, écarts entre les goutteurs 30 cm, débit des goutteurs 2 l/h (débit moyen mesuré= 1.6 l/h), pluviométrie théorique = 6.67 mm/h

Conduite d'arrosage Manuelle : 1 arrosage par jour dont la durée est ajustée en fonction des tensions enregistrée par le monitor (6 sondes watermark® avec enregistreur automatique).

Amendement organique 3 tonnes hectare d'humus du commerce

Conduite de fertilisation engrais simples (Nitrate d'ammoniaque, nitrate de potasse, Sulfate de magnésie, phosphate mono-ammonique) apportés au goutte à goutte presque tous les jours avec des arrêts de 1 ou 2 jours tous les 4, 5 jours en général

4.2 Observations et mesures

- Observation des plantes, suivi cultural tous les 15 jours

- Analyse de l'azote disponible dans le sol par Nitratest tous les 15 jours puis toutes les semaines
- Suivi tensiométrique : Des sondes watermark® accompagnées d'un monitor ont été positionnées à 15, 25 et 35 cm dans le sol. Le relevé des enregistrements du monitor a été effectué toutes les semaines par l'ARDEPI.
- Notations du producteur : nombre et durée des arrosages, quantité et type d'engrais, rendement

4.3 Traitement statistique

Les données obtenues dans le cadre de ce suivi ne permettent pas d'analyse statistique

5 - Résultats

➤ Suivi cultural

La culture s'est bien développée et la récolte a duré jusqu'à mi-juillet (13 semaines). De l'oïdium était présent à partir de début juin avec une pression assez élevée à partir de mi-juin. Il n'y a pas eu d'autres problèmes phytosanitaires.

Les plantes étaient de vigueur normale. Elles ont été palissées à partir de début mai.

Il y a eu quelques périodes avec des fruits pointus, notamment autour de début mai (causes possible : période de stress d'irrigation, mistral et ou interruption d'hormonage ...)

Le rendement final moyen est de **9 kg/m²**. Les fruits ont été récoltés à une longueur proche de 21 cm. D'après les observations du producteur, la qualité de production était moyenne avec de nombreux fruits pointus.

➤ Fertilisation :

L'enregistrement des quantités d'engrais apportés chaque semaine a été réalisé par le producteur. Le bilan et le détail des apports sont présentés ci-dessous.

- Bilan des quantités d'azote apportées sur la parcelle :

	Intrant	Dosage	Quantité apportée (en kg/ha)	Unités N (kg/ha)	%
Amendement avant plantation	Humus	2 %	3 000	60	8.42
Engrais minéraux en cours de culture, via la fertirrigation	Nitrate d'ammoniaque	34,8 %	1399.2	486.92	68.31
	Nitrate de potasse	13 %	907.5	117.98	16.55
	Sulfate de magnésie	0 %	730		
	Phosphate mono ammonique	12 %	234.3	28.12	3.95
	Engrais complet 15-10-30	15 %	132	19.80	2.77
TOTAL				712.81	100

Au total, 712.81 unités d'azote / ha ont été apportés dont 68.31 % par du nitrate d'ammoniaque.

- Détail des apports en cours de culture par semaine

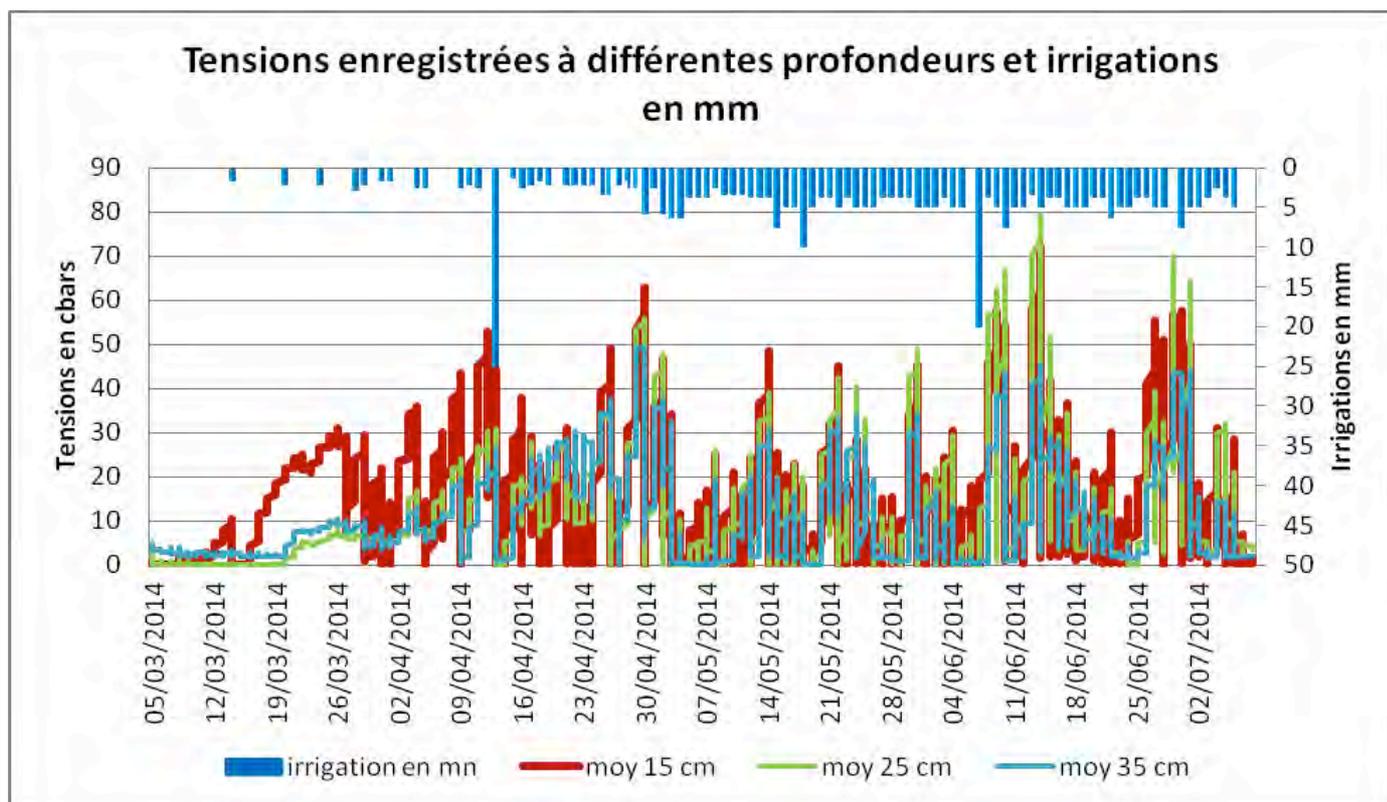
Date		Unités d'azote apportées / semaine
Mars	Sem 13	9.70
Avril	Sem 14	20.34

Avril	Sem 15	26.27
Avril	Sem 16	38.16
Avril	Sem 17	42.59
Mai	Sem 18	29.99
Mai	Sem 19	63.10
Mai	Sem 20	89.39
Mai	Sem 21	68.85
Mai	Sem 22	65.58
Juin	Sem 23	45.49
Juin	Sem 24	9.90
Juin	Sem 25	64.13
Juin	Sem 26	56.66
Juillet	Sem 27	22.66
TOTAL		652.81

Les apports d'azote chaque semaine ont varié entre 9.70 (début de récolte) et 89.39 unités/ha (pic de production). La moyenne est de 43.52 unités d'N/semaine.

➤ Irrigation

Des tensiomètres ont été posés à 15, 25 et 35 cm de profondeur (2 tensiomètres par profondeur). Le graphique ci-dessous donne les tensions enregistrées et les irrigations pratiquées.



En début de saison les tensions progressent régulièrement sur l'ensemble du profil jusqu'à mi avril, la fréquence des irrigations n'est pas encore journalière. Les courbes progressent ensuite très rapidement malgré une augmentation des doses d'irrigations et des fréquences.

Le suivi tensiométrique met en évidence une grande variabilité des tensions journalières, les tensions passent de 40 cb à la saturation dans la même journée. Cela est due au positionnement de

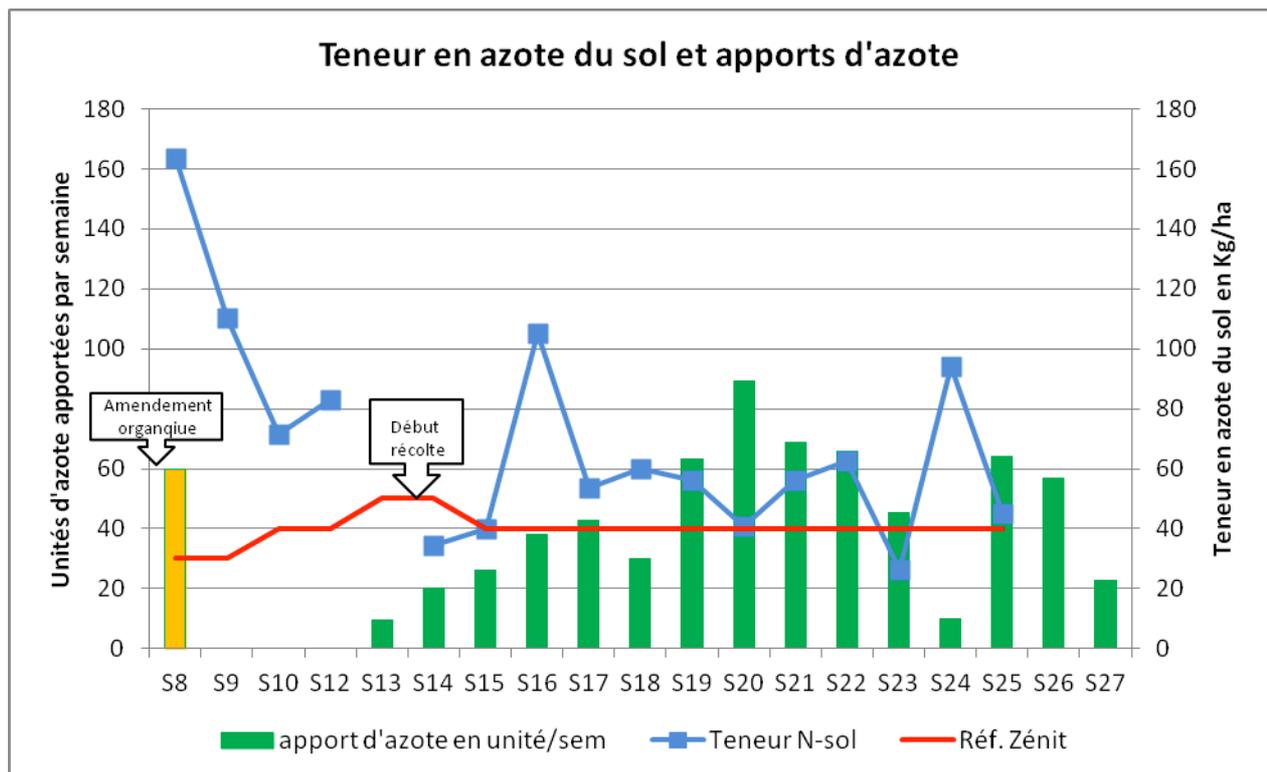
l'irrigation, la dose est apportée en une seule fois sur un sol filtrant, ce qui accentue les phénomènes de percolation de l'eau et diminue la diffusion latérale.

Lorsque l'on regarde les tensions à 25 cm et à 35 cm de profondeur, on peut visualiser des périodes de saturation (tensions en dessous de 10 cb) : du 13/04 au 15/04 ; du 03/05 au 10/05 ; du 18/05 au 20/05 ; du 26/05 au 01/06 ; du 04/06 au 08/06 ; du 22/06 au 26/06. Ces périodes de saturation peuvent s'accompagner d'un lessivage des éléments nutritifs (organiques et minéraux).

Un volume de 597 mm théorique a été apporté, mais un test de débit pression sur l'installation en fin de culture montre un débit moyen de 1,6 l/h et une pression de 0,3 b en fin de ligne au lieu d'un débit de 2,1 l/h à 0,8 B. Ce volume d'irrigation peut donc être estimé à 20% en moins soit 477 mm. Ce volume est important pour une culture de courgette, la référence régionale est estimée à 350 mm sur le secteur de Saint Martin-de-Crau.

Perspectives : cette situation a mis en évidence le besoin de réseaux d'irrigation performants et de contrôle des installations en situations de sol filtrant. Une bonne gestion de l'irrigation permettra une bonne application de la fertilisation. Il est important de bien informer les producteurs sur les possibilités techniques qui peuvent être mise en place pour répondre aux exigences réglementaires.

➤ Evolution des nitrates dans le sol et apports d'azote



Les apports ont été réalisés plusieurs fois par semaine avec la fertirrigation mais ce graphique représente les apports totaux sur une semaine.

Les apports d'azote ont commencé fin mars 15j avant la récolte et sont progressivement augmentés pendant le grossissement des fruits et le début de la récolte jusqu'à 42.5 unités d'azote/sem. Les résultats du nitrates indiquent une importante baisse des teneurs en azote du sol le 6 mai, qui passe de 105 kg/ha à 59 kg/ha suite à quoi la fertilisation est fortement augmentée. Malgré cela, les résultats du nitrates restent autour de 50 kg/ha et évoluent peu. Mi-juin la fertilisation azotée est abaissée à 10 unités/sem, la teneur en azote du sol diminue

également (26 kg d'N /ha) et passe en dessous de la référence de la grille Zenit plein champ. La baisse de la teneur en azote du sol entraîne une nouvelle augmentation des apports d'azote.

Réflexion sur les mesures d'azote

Les résultats des nitrates ont globalement évolué en fonction des apports d'azote réalisés sauf pendant le mois de mai où alors que la fertilisation augmente fortement les teneurs en azote du sol ne changent pas et restent entre 40 et 60 kg d'N/ha. Sur cette période, on peut s'interroger sur les résultats des nitrates : Le 9 juin, deux nitrates ont été fait (1 par le Ceta de Saint Martin de Crau, 1 autre par la CA13) et les résultats obtenus ont été différents : 99 kg d'N/ha obtenus pour le Ceta de Saint Martin, 62 kg d'N/ha obtenus pour la CA13.

Les apports d'azote courant mai sont importants (supérieurs à 60 kg/ha par semaine) tandis que les résultats du Nitrate indiquent des valeurs en diminution et peu élevées mais qui restent cependant au-dessus de la valeur seuil de la grille Zenit. La grille Zenit plein champ (pas de référence pour l'abri) suggère une refertilisation en dessous de 40 kg/ha d'N dans le sol.

Les semaines 19, 21 et 22 en mai, ainsi que les semaines 23 et 26 en juin, il est possible que les irrigations aient entraîné un lessivage de l'azote. Cette hypothèse pourrait expliquer les faibles teneurs en azote enregistrées par les nitrates dans le sol en mai alors que la fertilisation est importante.

En fin de culture, le 31 juillet (parcelle nettoyée) deux nitrates ont été effectués avec deux tarières de diamètres différents pour contrôler l'influence du mode de prélèvement sur les résultats. Les prélèvements de terre ont été effectués sur les lignes de plantation.

L'échantillonnage avec la première tarière donne : 56.8 unités/ha d'azote.

L'échantillonnage avec la deuxième tarière donne : 72.8 unités/ha d'azote.

Le changement de tarière seul a entraîné une variation du résultat de 16 unités/ha. Cette variation reste peu importante mais montre cependant l'influence du mode de prélèvement. (Test réalisé avec le même appareil, les mêmes bandelettes ...)

Une analyse de sol prélevée sur l'ensemble de la parcelle en extrait à l'eau a été faite le 31 juillet. Les résultats contrairement à ceux attendus (suite à une importante fertilisation) donnent une teneur en azote du sol de 10.4 mg/kg soit 26 unités/ha.

5 - Conclusion

Dans ce suivi, la fertilisation totale, apport d'humus et engrais minéral, atteint 712.81 unités d'azote / ha ce qui est très élevé et supérieur aux apports imposés par la réglementation de la directive nitrate qui fixe pour un rendement de 9 kg/ha un apport maximal de $2.5 * 90 + 50 = 275$ unités. La fertilisation du producteur est ainsi plus élevée de 260% par rapport à la directive nitrate. D'autre part, l'irrigation a pu parfois entraîner des lessivages.

Le producteur explique que cette année ces apports ont été supérieurs à l'année précédente. En effet, ils sont estimés pour 2013 à environ 450 unités d'azote / ha. Ceci s'explique par les résultats des nitrates qui jugés plutôt faibles ont encouragés le producteur a augmenté ses apports.

Une reprise du suivi en 2015 pourrait être réalisée pour permettre de tester des apports d'azote inférieurs, plus proche de la grille Zenith et des quantités imposées par la directive nitrate et de voir si ceux-ci ont une influence sur la culture et si des économies peuvent être réalisées. Les nitrates seront réalisés par une même personne et la même tarière pour éviter les écarts de résultats en fonction du mode de prélèvement.

Renseignements complémentaires auprès de : Claire GOILLON, APREL, 04 90 92 32 40, goillon@aprel.fr ;
Isabelle HALLOUIN, CA13, 04 42 23 86 50, i.hallouin@bouches-du-rhone.chambagri.fr ; Anne
TERRENTROY, CA13, 04 42 23 86 57 ; a.terrentroy@bouches-du-rhone.chambagri.fr



Courgette

Suivi de la fertilisation et de l'irrigation



Année 2014

Jean-Luc DELMAS Ceta Durance Alpilles - Simon CORDIER (Ardepi)

Essai rattaché à l'action n° : 04.2003.01

Titre de l'action : Performances technico-économiques et environnementales des exploitations.
Nouvelles technologies.

1 - Thème de l'essai

Le nouvel arrêté établissant le référentiel régional de mise en œuvre de l'équilibre de la fertilisation azotée pour la région Provence-Alpes-Côte d'Azur entre en vigueur au 1er septembre 2014 sur les zones vulnérables. Il prévoit pour les cultures maraîchères un calcul de la dose prévisionnelle d'azote à apporter sur la base d'une équation simplifiée fonction du rendement prévisionnel. Des suivis ont été initiés en 2013 sur cultures de tomate, poivron et courgette. Ils sont élargis à une dizaine de parcelles en 2014.

2 – But de l'essai

En rapport avec les exigences environnementales renforcées par la directive nitrates, la limitation des quantités de fertilisants apportés à une culture s'impose.

Avec des outils simples, il s'agit de :

- suivre la disponibilité en azote du sol,
- évaluer les quantités totales d'azote apportées et le rendement moyen de la culture
- vérifier que l'arrosage ne donne pas lieu à des lessivages d'engrais
- proposer des solutions de réduction d'intrants azotés

Cet essai participe à l'actualisation des références de fertilisation en cultures maraîchères et doit amener les producteurs à être en adéquation avec la directive Nitrates.

3 – Facteurs et modalités étudiées

Dans le cadre du suivi, une seule modalité est étudiée : la conduite de fertilisation et d'irrigation du producteur.

4 – Matériel et méthodes

4.1 Site d'implantation

M.Correard Saint-Andiol (13) surface de 1ha en courgette ronde

Parcelle : Tunnel 8 m, 640 m², orienté Nord / Sud
Précédent : 2 cycles de salade
Pas de chauffage

Données culturales :

Espèce	courgette ronde
Variété	Satellite
Densité, dispositif	1.25 plantes /m ² sur 5 raies simple avec écart pied à pied de 0.5 m
Palissage	sur ficelle

Plantation	10 mars 2014
Début récolte	16 avril 2014
Fin récolte	13 juillet 2014
Blanchiment	non

Type de sol :

- sol de Durance avec des zones très caillouteuses, estimation de terre fine à 75 %
- taux de MO : 3.61 %,
- teneur en azote disponible avant plantation : 12.9 mg/kg soit 40 unités d'azote (analyse du 10/02/2014 en annexe)

Pratiques de fertirrigation :

Origine de l'eau :	forage
Dispositif d'arrosage :	Goutte à goutte Netafim autorégulants, 1 ligne/rang, 2 goutteurs/plante, espace entre goutteurs 0.33 m Débit 2 l/ h
Conduite d'arrosage :	1 à 2 arrosages/jour en saison, suivi tensiométrique avec ARDEPI
Amendement organique :	1 T/ha Amendine (2-1-1) + 1t/ha Coactyl NP (5-7-0)
Conduite de fertilisation :	engrais soluble jaune SKC 14-40-5 engrais soluble rouge SKC 15-5-35 engrais soluble rose SKC 8-16-42 nitrate de chaux 15/ 25

4.2 Observations et mesures

- Observation des plantes, suivi cultural tous les 15 jours
- Analyse de l'azote disponible dans le sol par Nitratest à des fréquences variables selon le stade de culture.
- Suivi tensiométrique : Monitor avec enregistrement automatique, sondes à 15,25 et 30 cm de profondeur, relevés tous les 15 jours par l'Ardepi, sondages tarière
- Notations du producteur : nombre et durée des arrosages, quantité et type d'engrais, EC d'apport, rendement

4.3 Traitement statistique

Les données obtenues dans le cadre de ce suivi ne permettent pas d'analyse statistique

5 - Résultats

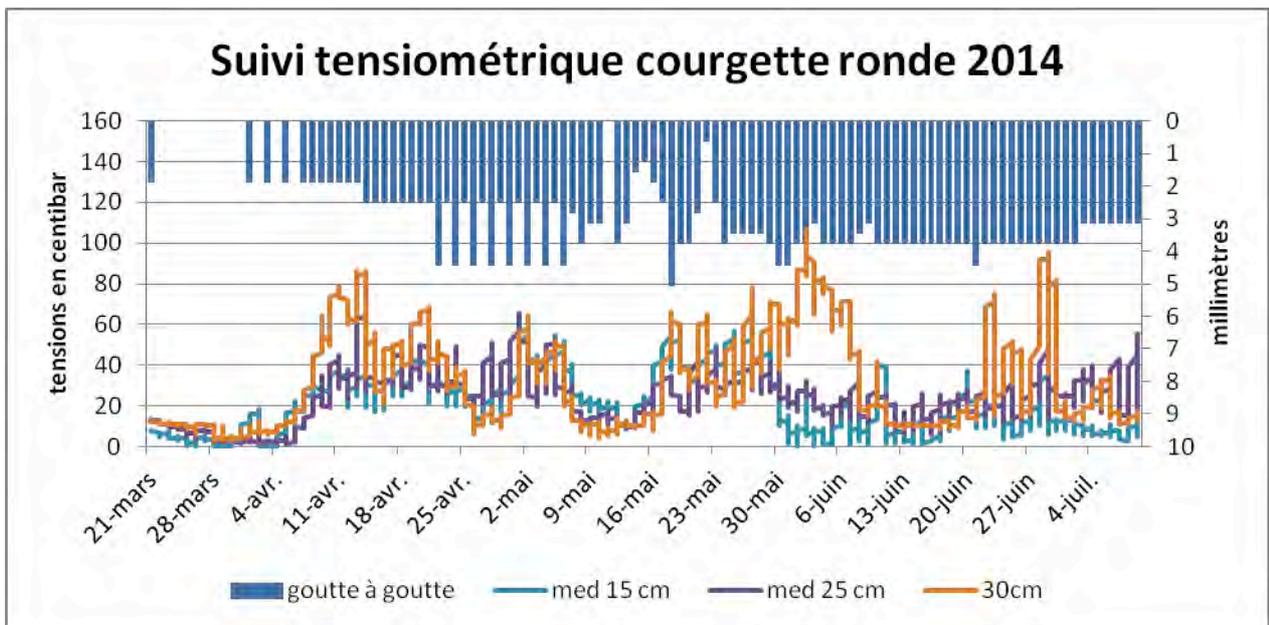
➤ Suivi cultural

Peu de problèmes phytosanitaires. Des mortalités de plantes dues au Sclerotinia sont observées sur Satellite.

Sur 11 semaines de récolte (S17 à S28), le rendement est estimé à **11 kg /m²**

➤ Irrigation

Le Monitor, placé au milieu de la parcelle était consulté par le producteur, accompagné par l'Ardepi. Des conseils étaient donnés pour ajuster les doses et fréquences d'irrigation en fonction des meures observées. L'objectif principal pour maintenir la culture en confort hydrique est de maintenir des tensions hydriques entre 20 et 30 cb sur l'horizon 25 cm.



Les courbes à 15 et 25 cm de profondeur sont très semblables tout au long de la culture. La courbe à 30 cm de profondeur évolue globalement de la même manière mais avec tout de même quelques périodes où elle montre un sol plus séchant. Cela témoigne d'un bon enracinement sur l'horizon 0-30 cm.

De la plantation à début avril, tous les horizons sont saturés. Ensuite d'avril à fin mai, les horizons à 15 et 25 cm restent stables dans des valeurs comprises entre 20 et 40 centibars témoignant du confort hydrique. En mai, les irrigations sont adaptées chaque jour en fonction des valeurs lues sur le Monitor et des conditions climatiques.

Vers le 9 mai les tensions baissent, le producteur a réagi en diminuant les doses afin de faire remonter les tensions. Début juin, il y a une dissociation importante des courbes à 15-25 cm avec la courbe à 30 cm. Les horizons superficiels montrent une augmentation de la disponibilité en eau alors que l'horizon à 30 cm a tendance à sécher. Ceci peut s'expliquer par un fractionnement plus important des apports d'eau. Le producteur a volontairement augmenté l'humidité du sol en surface afin de donner un meilleur confort hydrique aux plantes dans une période de grosse production. En augmentant par la suite les temps d'irrigation, les tensions à 30 cm sont revenues au même niveau que l'horizon à 25 cm. Dans cette période de début juin à mi-juillet, les tensions de l'horizon à 15 cm sont faibles, proches des 10 centibars. Les tensions de l'horizon à 25 cm sont proches de 20 centibars, témoignant d'un grand confort hydrique et d'une bonne implantation racinaire sur cet horizon.

Les apports d'eau ont été bien quantifiés durant la période de production sans provoquer de percolation.

Estimation de l'azote apportée par l'eau d'irrigation :

- Volume d'eau apporté :

$$1.5 \text{ goutteurs/plante} \times 1.25 \text{ plants/m}^2 \times 2\text{L/h} \times 84\text{h d'arrosage} = \mathbf{315 \text{ L/m}^2} \text{ ou mm}$$

Autre formule :

$$\text{Débit (L/h)} / (\text{écartement entre goutteurs} \times \text{écartement entre rampes}) \times \text{nb d'h d'arrosage} = 2 / (0.33 \times 1.6) \times 84 = 318 \text{ mm}$$

- Apport d'azote par l'eau d'irrigation :

A partir d'une analyse de forage de janvier 2013 à proximité, la concentration de l'eau est mesurée à 1.1 mg/L d'azote nitrique. L'apport d'azote par l'eau d'irrigation peut donc être calculée :

$$1.1 \text{ mg/L} \times 315 \text{ L/m}^2 = 346.5 \text{ mg/m}^2 = \mathbf{3.46 \text{ kg/ha}}$$

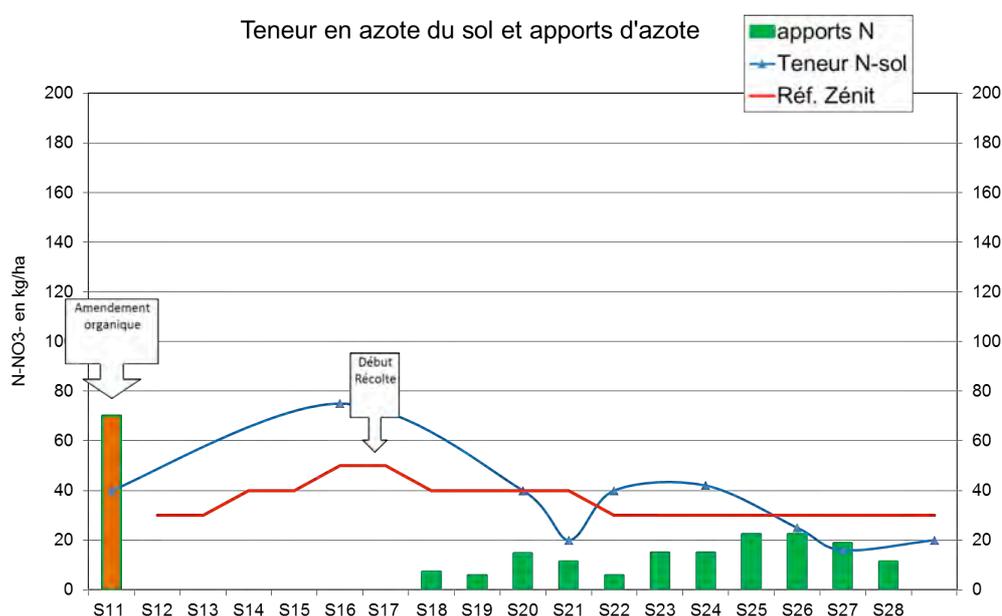
L'apport par l'eau d'irrigation est donc très faible

➤ **Fertilisation :**

Bilan des quantités d'azote apportées sur la parcelle :

	Intrant	Dosage	Quantité apportée (en kg/ha)	Unités N (kg/ha)
Amendement avant plantation	Amendine	2-1-1	1000	20.0
	Coactyl NP	5-7	1000	50.0
Engrais minéraux en cours de culture, via la fertirrigation	Jaune	14-40-5	175	24.5
	Rouge	15-5-35	775	116.25
	Rose	8-16-42	50	4.0
	Nitrate de Chaux	15-25	200	30.0
Eau d'irrigation		1.1 mg/L	315 L	3.5
			TOTAL	248.25

➤ **Evolution des nitrates dans le sol et apports d'azote**



5 - Conclusion

Les mesures des teneurs en nitrates dans le sol (nitrates) sont assez faibles dans cette parcelle. Elles sont pourtant généralement au-dessus de la grille Zenith. Mi mai, soit un mois après le début de la récolte, la courbe passe en dessous des valeurs de référence. Des apports d'engrais plus importants par la suite permettent de réajuster le niveau jusqu'à la fin de la récolte.

Sur ce site, environ **248 unités** d'azote ont été apportées à la culture de courgette. Avec un rendement de 11 kg/m² (110 t/ha), la dose d'apport azoté réglementaire en zone vulnérable est calculée selon la formule suivante :

$$D = 2.5 * \text{rendement} + 50 = \mathbf{325 \text{ unités.}}$$

On se trouve donc en conformité avec la réglementation liée à la Directive Nitrates. Les apports à la culture ne sont pas en excès et permettent un bon rendement. Il ne semble pas non plus y avoir de lessivage donc de déperdition d'azote sur cette parcelle au vu de la gestion de l'irrigation effectuée par le producteur.

Un ajustement des quantités d'azote apportées pourrait être envisagé pour répondre à la plus forte consommation de la culture un mois après récolte.

Renseignements complémentaires auprès de :

Jean Luc Delmas, CETA Durance Alpilles, tel : 04 90 78 94 56, e-mail : cetadurancealpilles@orange.fr

A765

Annexes :



LABORATOIRE AGRICOLE ROUSSIERE-BEC
SAS au capital de 37 000 €

ANALYSE DE SOL

IDENTIFICATION DE L'ECHANTILLON

Client : **CETA DURANCE ALPILLES**

Référence : TUNNELS 1+2+3

Date : 10/02/2014

N° de l'échantillon : AG14 0224

ANALYSE PHYSIQUE :

p H (eau) : 7,43

Conductivité en ms : 0,293

Matière organique en % : 3,61

ANALYSE CHIMIQUE : Eléments solubles en mg/kg

Eléments solubles	Résultats	Appréciation				
		Faible	Moyen	Satisfaisant	Elevé	Très élevé
Azote N-NO3	12,9					
Phosphore P-PO4	1,3					
Potassium K	18,0					
Magnésium Mg	35,0					
Soufre S	206					
Chlorures Cl	10					

OBSERVATIONS :

L'appréciation est établie selon le nouveau référentiel d'Infos-clif n°189.