

TOMATE SOUS ABRI EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE : OPTIMISATION DE L'IRRIGATION ET DE LA FERTILISATION AZOTEE

Catherine MAZOLLIER, Abderraouf SASSI et Julia COMMANDEUR (stagiaire GRAB),
avec la collaboration d'Isabelle Boyer (ARDEPI), et avec les financements Solibam et ANR



1- CONTEXTE ET OBJECTIF DE L'ESSAI

Le GRAB a débuté en 2008 un programme « économie d'eau » dont l'objectif est d'élaborer des itinéraires techniques adaptés au changement climatique et à la disponibilité réduite des ressources en eau, et ce pour différents cultures conduites en agriculture biologique : fruits, légumes et viticulture.

En 2011, le travail réalisé en maraîchage vise à poursuivre l'optimisation de l'irrigation par goutte à goutte, en étudiant l'incidence d'une réduction des irrigations (pilotee par tensiométrie) sur les facteurs quantitatifs et qualitatifs de variétés « anciennes » de tomate en production biologique sous abris : vigueur, rendement, calibre, qualité gustative. Cet essai intègre également une étude de l'incidence de la fertilisation azotée en cours de culture sur les résultats agronomiques.

2-CONDITIONS DE CULTURE ET CALENDRIER

- Culture biologique de tomate palissée sous abris, plants biologiques francs, paillage biodégradable
- Variété Cauralina (Gautier), de type Cœur de Bœuf rouge, + collection variétale
- Tunnel de 8 m de largeur et de 50 m de longueur, partagé en 2 zones d'irrigation (Nord et Sud), de longueur respective 24 m et 26 m.
- Dispositif : 3 rangs doubles par tunnel, plants à 0.33 m, densité 2.25/m²

■ Irrigation : Nétafim jetable, 1 rampe/rang de culture, goutteurs distants de 20 cm, débit théorique unitaire : 1.05 l/h à 1 bar, dispositif à 6 rampes/tunnel, soit une pluviométrie horaire théorique de 3.94 mm/h ; après vérification aux volumètres, le débit réel des goutteurs est supérieur de 19%, soit 1.25 l/h, ce qui représente une pluviométrie horaire réelle de 4.69 mm/h.

- Calendrier : semis 22/02/11, repiquage 7/03/11 ; plantation 30/03/11 ; récolte du 1/06/11 au 8/08/11
- Fertilisation (fond) : produit AB Flor (4-7-10 + 3 MgO) : 4 t/ha soit **160N, 280P₂O₅, 400K₂O et 120MgO**
- La fertilisation **azotée de fond** est à base de tourteaux et composts végétaux (café, olive, raisin ..)
- La fertilisation azotée en culture est réalisée avec un engrais organo minéral liquide à base d'extrait concentré de fumiers, dosant 5% d'azote et 3% de potasse.

3- PROTOCOLE :

- **Essai bloc :**
 - à **2** répétitions (x 8 plantes) pour l'essai **irrigation** réalisé sur l'ensemble des variétés en essai ;
 - à **4** répétitions (x 8 plantes) pour l'essai **irrigation et fertilisation azotée** réalisé sur Cauralina ;

- **Cette étude comporte 2 facteurs :**

- **Facteur eau : sur toutes les variétés en essai variétal**

2 régimes hydriques distincts, basés sur les valeurs tensiométriques mesurées par Monitor à la profondeur de 30 cm ; la mesure des tensions du sol a débuté début avril, et la mise en oeuvre de la conduite différenciée a débuté le **23 mai**, avec les objectifs suivants :

→ **Modalité 1 (coté Nord) : situation de confort** : arrosage normal, correspondant à des tensions de **20 à 40 cbar à la profondeur de 30 cm**.

→ **Modalité 2 (coté Sud) : situation de stress hydrique contrôlé** : arrosage restreint, correspondant à des tensions de **40 à 60 cbar à la profondeur de 30 cm**.

La réduction des irrigations a été réalisée en diminuant et en fractionnant les durées d'irrigations

• **Facteur azote :** en complément d'une fertilisation de fond de 160 unités d'azote, étude de l'intérêt de la fertilisation azotée en cours de culture (**uniquement sur la variété témoin Cauralina**), avec un fertilisant organo-minéral liquide à base d'extrait concentré de fumier d'ovins, dosant 5% d'azote et 3% de potasse (marque Agrimartin) ; l'apport de cette fertilisation azotée en cours de culture est basé sur la teneur en azote de la plante mesurée par la méthode Pilazo (page suivante) ; l'apport est réalisé au pulvérisateur en localisé sur le rang de culture (après découpage du paillage biodégradable).

- **Observations et mesures réalisées :**

- **Observations :** vigueur des plantes, état du feuillage
- **Mesures liées à l'irrigation :**
 - **Mesures tensiométriques** (Watermark Monitor) à 3 profondeurs (15 cm, 30 cm et 45 cm) : 2 tensiomètres par profondeur, placés sur la ligne de plantation, à 20 cm du goutte à goutte.
 - **Enregistrement des quantités d'eau** apportées par irrigation (volumètre).



Enregistrement des tensions du sol : Monitor et sondes tensiométriques volucompteur

- **Mesures agronomiques :**
 - rendement commercial (1^{er} et 2^{ème} choix) et poids moyen des fruits
 - qualité : mesures de qualité gustative (GRAB) et nutritionnelles (université d'Avignon)
- **Mesures liées à la fertilisation :** mesures tous les 10 jours de l'azote du sol et de la plante (Nitratek) : elles sont réalisées dans chacune des 4 répétitions de chaque modalité :

Méthodes de suivi du niveau d'azote en culture : (fréquence 10 jours)

→ azote du sol (nitratest) :

Sur l'horizon 0-30 cm, mesure de l'azote nitrique du sol dans la zone d'enracinement de la culture (zone irriguée au goutte à goutte et paillée).
 On procède au prélèvement de 8 échantillons de sol à la tarière,
 Puis au laboratoire, la terre est tamisée, 100 g sont prélevés et mélangés à 100 ml d'eau distillée.
 Le mélange est agité 3 mn, puis on procède à une filtration inverse (filtre à café);
 On fait 3 mesures d'azote au Nitratek sur ce filtrat.

→ azote de la plante (Pilazo, analyse des pétioles) :

Avant 10 heures du matin, on procède au prélèvement de 8 feuilles entières au hasard dans la culture : on prend de jeunes feuilles adultes, situées juste en dessous du bouquet en fleur; puis au laboratoire, on enlève tous les folioles jusqu'à leur base, on conserve les pétioles, qui sont découpés, puis broyés dans un presse-ail. Le jus obtenu est dilué au 1/20^{ème} avec de l'eau déminéralisée (4 ml + 76 ml d'eau déminéralisée) et on effectue 3 mesures d'azote au Nitratek sur la solution obtenue.
 L'interprétation est réalisée selon la grille ci dessous :

Tomate en sol : grille de pilotage

NO3 en mg/l														
> 6500														
6000 à 6500														
5500 à 6000														
5000 à 5500														
4500 à 5000														
4000 à 4500														
3500 à 4000														
3000 à 3500														
2500 à 3000														
2000 à 2500														
1500 à 2000														
1000 à 1500														
500 à 1000														
< 500														
Stades repères	F1/F2	F2/F3	N1/N2	N3	N3/N4	N4/N5	R1	R2						
Récolte brute (kg/m ²)									3	7	12	14	17	

Fertilisation : à commencer dès la 3ème semaine après la plantation
 Début de récolte : ~ 500 °Jour (base : 10,5°C à partir de la plantation)

Stades repères: Fn = floraison n ^{ème} bouquet	Azote en excédent	
Nn = nouaison n ^{ème} bouquet		Suffisant : ne pas fertiliser mais suivre de près
Rn = récolte n ^{ème} bouquet		5 à 10 kg N / ha / semaine
		10 à 20 kg N / ha / semaine
	20 à 30 kg N / ha / semaine	

Attention arrêt fertilisation 2 à 3 semaines avant la fin de la culture.

4- RESULTATS :

41 – Planning et conditions de culture :

- Planning de culture :

Tableau 1 : Planning de culture

goutte à goutte : pluviométrie horaire théorique = 3.94 mm/h–pluviométrie horaire réelle (volucompteurs) = 4.69 mm/h

aspersion : pluviométrie horaire = 11 mm/h

date	stade	climat : blanchiments et aspersions	Irrigation en durée et en mm	
			zone normale *	zone restreinte
30/03	Plantation	1 aspersion de 15 mn	plein du sol : 2 h = 9.38 mm	
01/04		1 aspersion de 15 mn	30 mn = 2.34 mm	
2/04 - 5/04 - 7/04 - 8/04	reprise	4 aspersions de 15 mn		
6/04			20 mn = 1.56 mm	
7/04			20 mn = 1.56 mm	
9/04 et 10/04		2 aspersions de 30 mn		
16/04			20 mn = 1.56 mm	
20/04	Floraison 1 ^{er} bouquet		20 mn = 1.56 mm	
12/04 au 24/04		6 aspersions de 15 mn		
24/04			15 mn = 1.17 mm	
26/04			20 mn = 1.56 mm	
27/04 - 28/04	Floraison 2 ^{ème} bouquet		2 x 30 mn = 2 x 2.34 mm = 4.68 mm	
3/05	Floraison 3 ^{ème} bouquet	1 aspersion de 15 mn		
2/05 - 3/05 - 4/05			3 x 30 mn = 3 x 2.34 mm = 7.03 mm	
5/05 - 6/05			2 x 40 mn = 2 x 3.12 mm = 6.24 mm	
7/05 - 8/05 - 9/05			3 x 35 mn = 3 x 2.736 mm = 8.21 mm	
10/05	Floraison 4 ^{ème} bouquet	1 ^{er} blanchiment : pour 400 m ² : 8 litres Ombraflex + 100 l d'eau	60 mn = 4.69 mm	
11/05			40 mn = 3.12 mm	
13/05 au 16/05		4 aspersions de 20 mn		
13/05 au 20/05		4 aspersions de 20 mn	10 x 20 mn = 10 x 1.56 mm = 15.6 mm	
19/05	floraison 5 ^{ème} bouquet			
19/05 au 22/05		4 aspersions de 20 mn	Irrigation totale avant dissociation : 70 mm	
23/05			Dissociation des 2 zones d'irrigation	
Du 24/05 au 9/06	début récolte le 1/06		16 x 22 mn = 16 x 1.719 mm = 27.5 mm	16 x 17 mn = 16 x 1.32 mm = 21.2 mm
25/05	floraison 6 ^{ème} bouquet	1 aspersion de 30 mn		
28/05 et 29/05		2 aspersions de 20 mn		
Du 10/06 au 13/06	Récolte 1 ^{er} bouquet		4 x 24 mn = 4 x 1.876 mm = 7.48 mm	4 x 19 mn = 4 x 1.487 mm = 5.95 mm
Du 14/06 au 26/06	Récolte 2 ^{ème} et 3 ^{ème} bouquets		13 x 29 mn = 13 x 2.267 mm = 29.47 mm	13 x 24 mn = 13 x 1.876 mm = 24.39 mm
14/06		1 aspersion de 35 mn		
15/06		2 aspersions de 20 mn		
16/06		2 ^{ème} blanchiment : pour 400 m ² argile 5 kg + 100 litres d'eau		
Du 27/06 au 4/07	Récolte 4 ^{ème} et 5 ^{ème} bouquets		8 x 31 mn = 8 x 2.425 mm = 19.4 mm	8 x 24 mn = 8 x 1.876 mm = 15 mm
28/06		1 aspersion de 20 mn		
5/07		1 aspersion de 20 mn		
Du 5/07 au 7/07			3 x 36 mn = 3 x 2.814 mm = 8.44 mm	6 x 24 mn = 6 x 1.876 mm = 11.26 mm
Du 8/07 au 10/07	Récolte 6 ^{ème} bouquet		3 x 39 mn = 3 x 3.05 mm = 9.15 mm	
Du 11/07 au 17/07			7 x 43 mn = 7 x 3.36 mm = 23.53 mm	7 x 25 mn = 7 x 1.95 mm = 13.68 mm
12/07		1 aspersion de 20 mn		
Du 18/07 au 24/07	Récolte 7 ^{ème} bouquet		7 x 48 mn = 7 x 3.75 mm = 26.26 mm	7 x 30 mn = 7 x 2.345 mm = 16.41 mm
Du 25/07 au 31/07	Récolte 8 ^{ème} bouquet		7 x 50 mn = 7 x 3.908 mm = 27.36 mm	7 x 36 mn = 7 x 2.81 mm = 19.70 mm
Du 1/08 au 8/08			8 x 52 mn = 8 x 4.064 mm = 32.52 mm	8 x 40 mn = 8 x 3.127 mm = 25.01 mm
8/08	Arrêt des mesures	Total aspersion : 32 aspersions durée totale 620 mn pluviométrie totale = 114 mm	Total après dissociation : 211 mm	Total après dissociation : 152 mm
			Total final : 278 mm	Total final : 215 mm

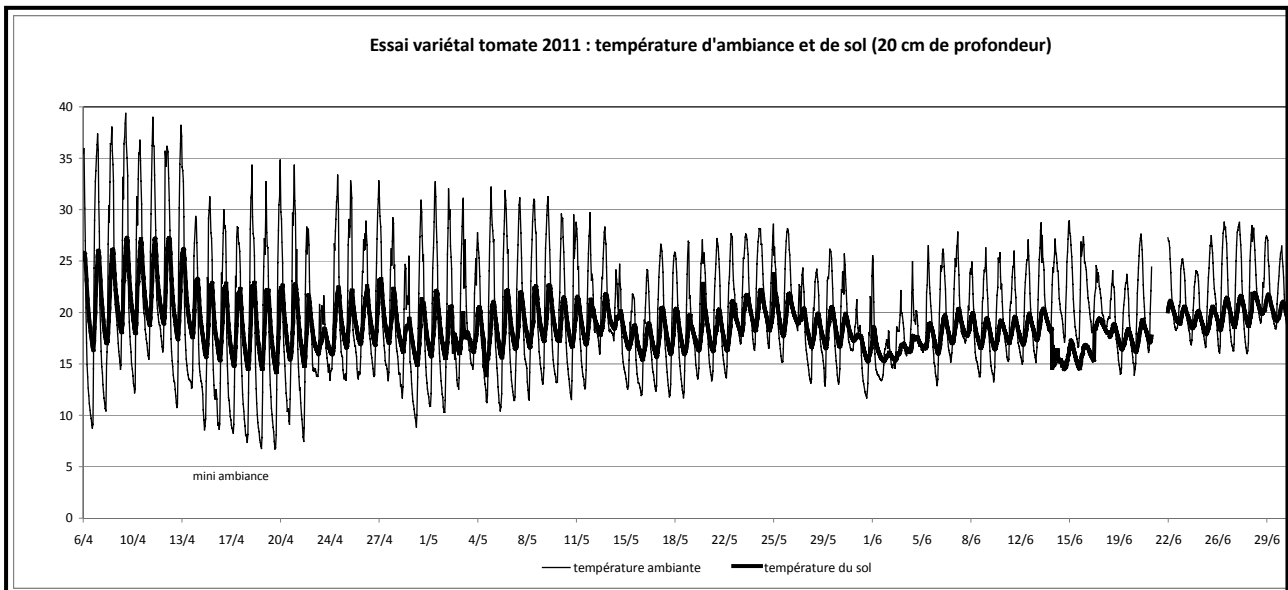
* à partir du 1^{er} juin, les irrigations réalisées en zone normale sont scindées en 2 irrigations/jour à 11 h et 14 h

- **Climat** : les mesures de températures ont été réalisées de début avril à fin juin :

Les températures nocturnes d'ambiance ont été plutôt élevées pour la saison durant les 3 premières semaines, jusqu'au 20 avril (au delà de 10°C, sauf quelques nuits entre 7 et 10°C), ce qui a permis une reprise satisfaisante. En mai, les minimales nocturnes ont été en général supérieures à 12°C. En juin, les températures nocturnes sont enfin restées généralement au delà de 15°C.

Les températures diurnes d'ambiance ont été parfois élevées en avril (tunnel maintenu fermé et aspersion régulières pour augmenter l'hygrométrie et favoriser la reprise). A partir de début mai ces températures ont rarement dépassé 30°C grâce à des aérations régulières et à 2 blanchiments réalisés les 10 mai et 16 juin ; de plus, des aspersion ponctuelles ont été réalisées lors des journées les plus chaudes. Le mois de juin a été assez frais.

Les température de sol (20 cm de profondeur) ont été relativement élevées dès la plantation : entre 15°C et 27°C durant la 1^{ère} quinzaine d'avril, puis elles sont restées satisfaisantes en mai (15 à 23 °C), mais elles n'ont pas augmenté en juin en raison d'un climat ambiant assez frais (15 à 22°C).



42- Consommations d'eau :

421 -Consommations d'eau par goutte à goutte (graphe 1 ci dessous) (*pluviométrie horaire de l'installation de goutte à goutte : 3.75 mm*) :

Les apports d'eau par goutte à goutte sont identiques dans les 2 zones jusqu'au 23 mai : à cette date, les apports cumulés sont de 70 mm, soit une valeur bien supérieure à la même période en 2010 (41 mm, climat printanier plus frais et plus couvert) et légèrement inférieure à l'année 2009 (85 mm).

A partir du 23 mai, on a commencé la restriction des irrigations en suivant les tensions du sol, afin de rester proches des valeurs fixées dans notre protocole :

- **Irrigation normale** (situation de confort) : tensions de 10 à 30 cb à 30 cm de profondeur.

- **Irrigation restreinte** (situation de stress) : tensions de 30 à 50 cb à 30 cm de profondeur.

Les réductions d'irrigations ont été réalisées en diminuant les durées d'irrigations (voir tableau page 2) à partir du 23 mai ; par ailleurs, dans la zone normale, on a scindé les irrigations en 2 apports journaliers contre 1 apport en zone restreinte.

Au 20 mai, avant le démarrage des 2 régimes dissociés, la quantité d'eau apportée par goutte à goutte est de **70 mm** dans les 2 zones depuis la plantation (50 jours), soit 1.4 mm /jour. Ces apports ont été complétés par les aspersion assez nombreuses en début de culture (voir page suivante).

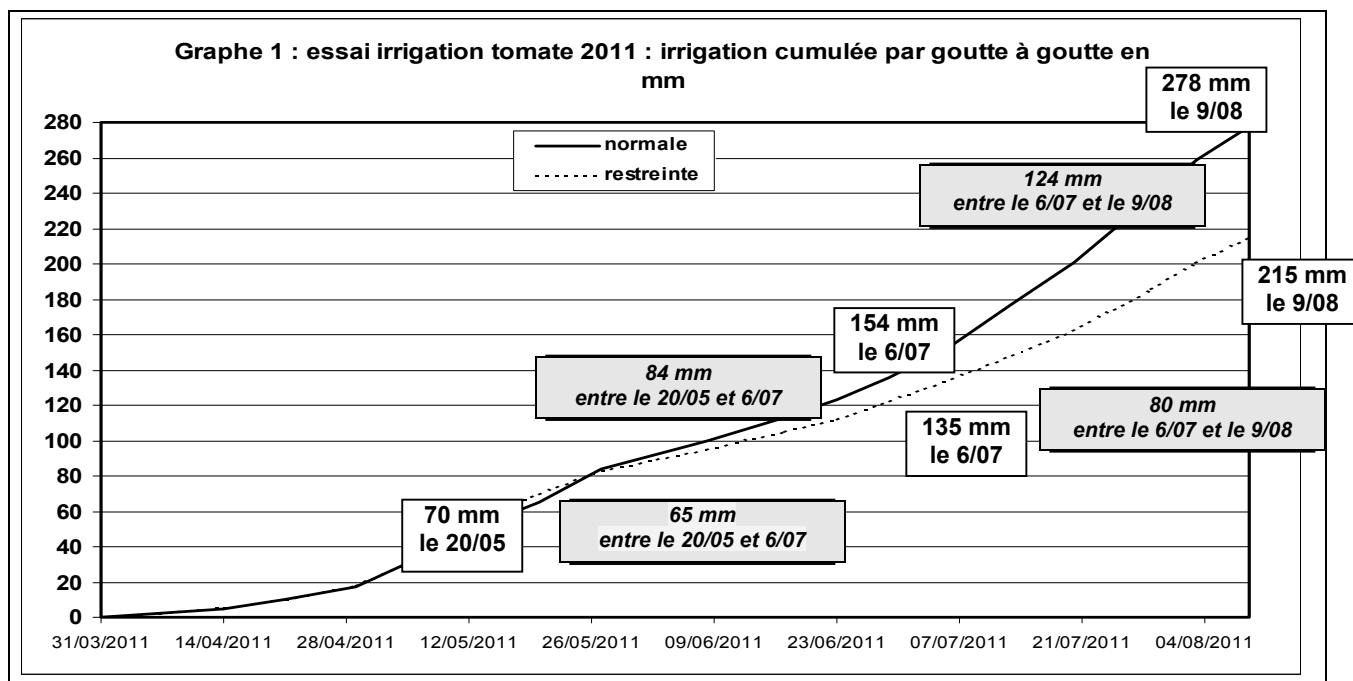
Du 20/05 au 6/07, **88 mm d'eau** ont été apportés en zone normale contre **65 mm** en zone restreinte, soit une différence de **23 mm** entre les 2 zones.

Le 6/07, l'apport cumulé depuis la plantation est de 154 mm en zone normale contre **135 mm** en zone restreinte, soit une restriction de 12%.

Du 6/07 au 9/08, **124 mm d'eau** ont été apportés en zone normale contre **80 mm** en zone restreinte, soit une différence de **44 mm** entre les 2 zones.

Le 9/08, l'apport cumulé depuis la plantation est de **278 mm** en zone normale (soit 2.1 mm/jour) contre **215 mm** en zone restreinte, (soit 1.6 mm/jour).

Au total, la restriction d'irrigation entre les 2 zones est de 23 %.



422 - Consommations d'eau par aspersion (pluviométrie horaire de l'aspersion : 11 mm) :

Des aspersions ont été régulièrement réalisées (en fin de matinée), afin d'augmenter l'hygrométrie et réduire les températures ambiantes. Elles ont été similaires dans les 2 zones : 32 aspersions ont été réalisées de la plantation jusqu'à mi-juillet, d'une durée moyenne de 20 mn (voir tableau 2 page 3) ; au total, la durée des aspersions est de 620 mn, soit 114 mm (pluviométrie horaire = 11 mm). La pratique des aspersions est essentielle pour la conduite de la culture et constitue un apport d'eau complémentaire à l'irrigation au goutte à goutte.

43 - Mesures d'humidité du sol : (graphes 2 à 4 page suivante)

Des mesures tensiométriques ont été effectuées grâce à 2 Monitor (1 par zone) équipés de sondes tensiométriques placées à 3 profondeurs : 15 cm, 30 cm et 45 cm, avec 2 sondes à chaque profondeur, placés sur la ligne de plantation (voir photos page 2).

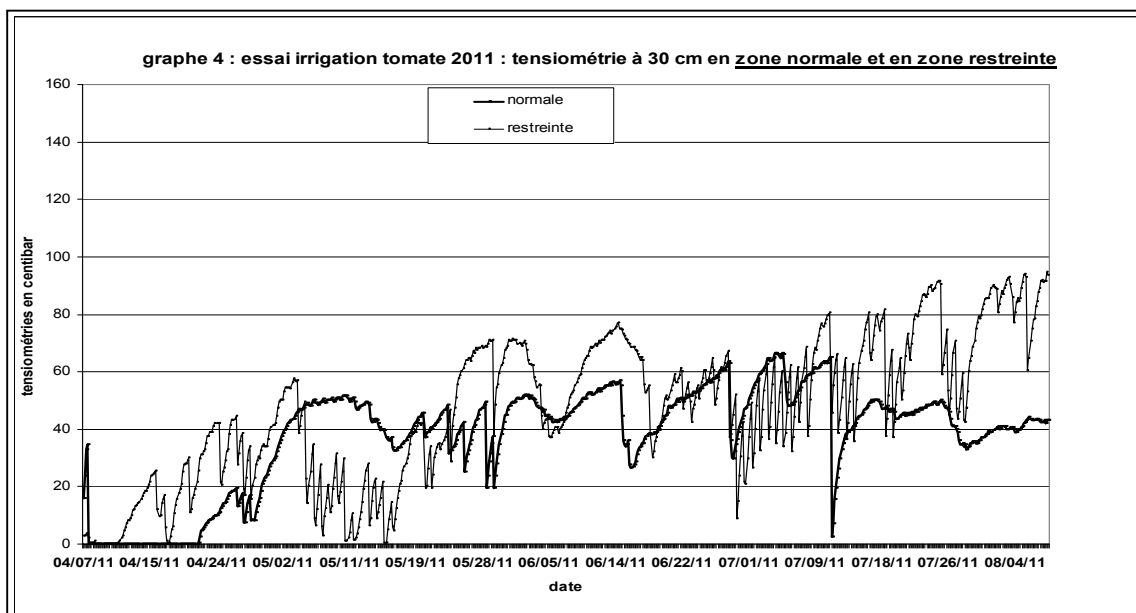
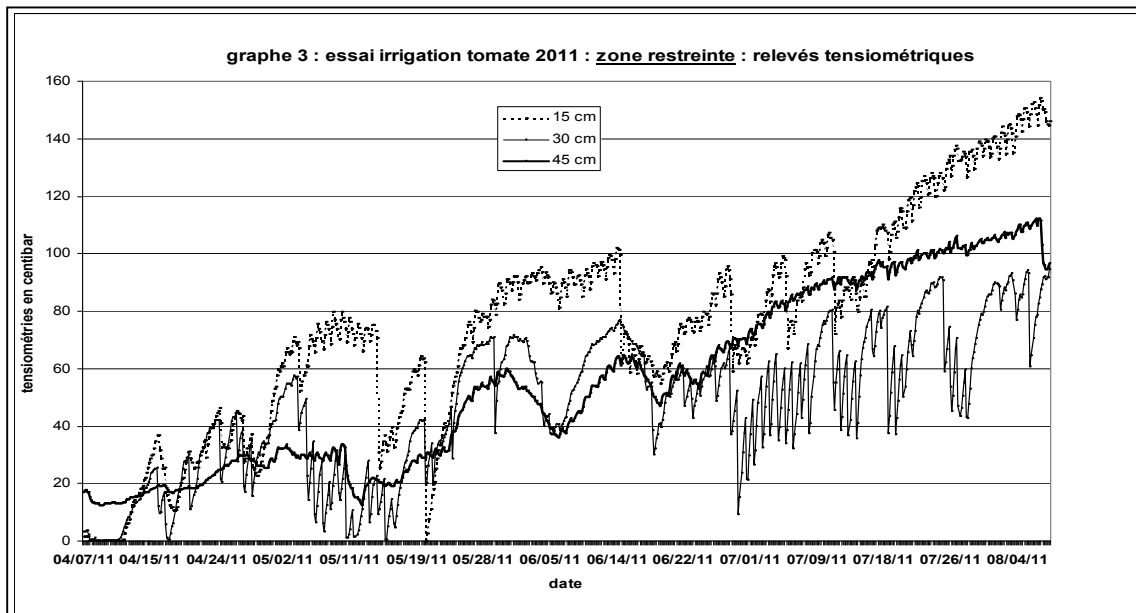
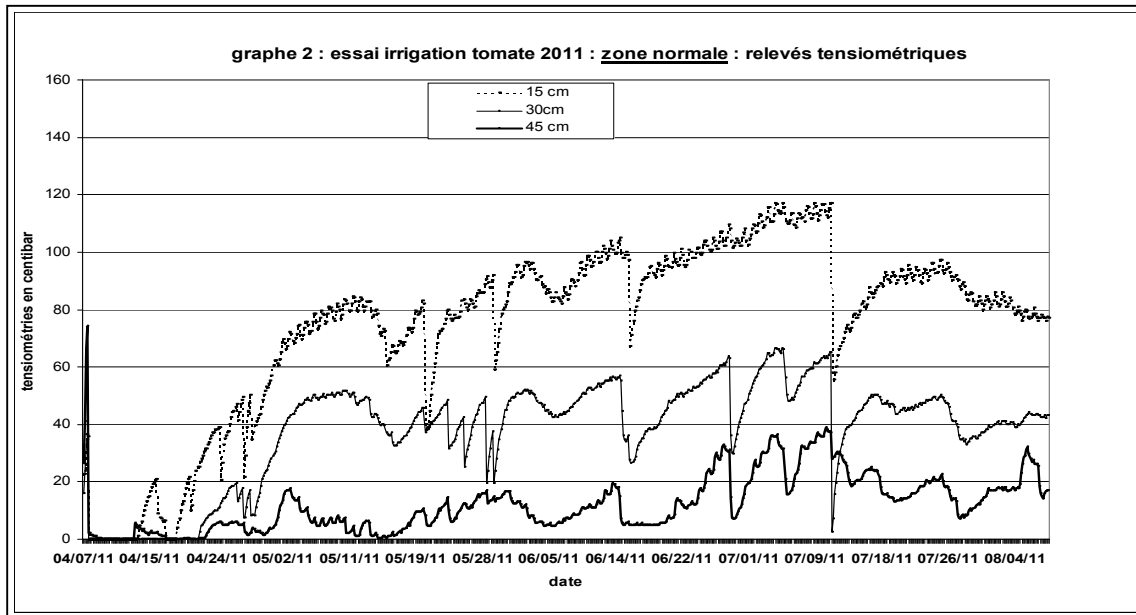
La mise en œuvre de la conduite différenciée a été réalisée à partir du 23 mai 2011, soit 1 semaine avant le début de récolte.

Les graphes de la page suivante présentent les mesures tensiométriques aux 3 profondeurs à partir du 20 mai (démarrage de la conduite différenciée), pour la zone normale (graphe 2) et la zone restreinte (graphe 3) : le graphe 4 présente les valeurs à 30 cm pour les 2 zones.

- **Dans la zone « normale »** (graphe 2), les tensions restent basses jusqu'à mi-juillet, puis elles s'élèvent aux profondeurs de 15 et 30 cm, alors qu'elles demeurent faibles à 45 cm :
 - En surface, à 15 cm, les valeurs s'élèvent à des niveaux compris entre 20 et 120 cb, avec des fluctuations régulières liées aux irrigations régulières
 - Au niveau intermédiaire, à 30 cm, les valeurs restent tout au long de la culture entre 20 et 60 cb, avec des fluctuations assez limitées.
 - En profondeur, à 45 cm, le sol reste bien humide, avec des valeurs souvent inférieures à 20 cb, sauf durant la 1^{ère} quinzaine de juillet où elles oscillent entre 20 et 40 cb.
- **Dans la zone « restreinte »** (graphe 3), les tensions s'élèvent plus rapidement au delà de 20 cb :
 - En surface, à 15 cm, les valeurs s'élèvent à des niveaux compris entre 20 et 100 cb, et restent inférieures à la zone normale jusqu'à mi-juillet, malgré des irrigations identiques jusqu'au 20 mai et inférieures au delà.
 - Au niveau intermédiaire, à 30 cm, après le 20 mai, les valeurs restent le plus souvent entre 40 et 80 cb, avec des fluctuations assez limitées.
 - En profondeur, à 45 cm, le sol est dès le début plus sec, avec des valeurs proches de 20 cb jusqu'au 20 mai, puis s'élevant progressivement jusqu'à la fin de la culture, passant de 30 cb le 20 mai à 110 cb début août.
- **A 30 cm de profondeur** (graphe 4), la différence entre les 2 zones est assez nette à partir de début juin : les tensions sont toujours plus élevées dans la zone restreinte grâce à la réduction des irrigations ; cette différence s'accroît en juillet.

Graphes 2 – 3 – 4 : valeurs tensiométriques dans les 2 zones d'irrigation aux 3 profondeurs

(attention : les dates sont mentionnées en version anglo-saxonne : 04/07/11 = 7 avril 2011)



44 – Observation des plantes :

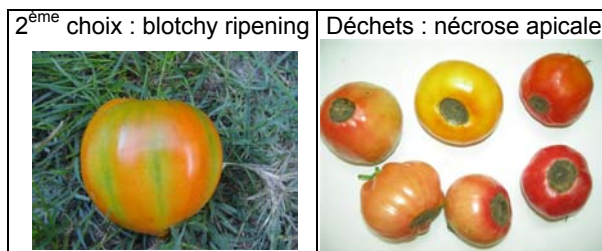
L'observation des plantes a été réalisée le 1^{er} juillet, afin d'apprécier les caractéristiques des plantes dans les 2 modalités : irrigations normale et restreinte.

- **Vigueur des plantes** : une note de 1 à 10 a été affectée aux différentes variétés en essai : globalement, la vigueur est similaire dans les 2 modalités.
- **Feuillage** : il est également similaire dans les 2 zones, pour l'ensemble des variétés.

45- Résultats agronomiques :

451- essai irrigation :

Afin d'étudier l'impact des 2 régimes hydriques sur le rendement, les mesures suivantes ont été réalisées dès le début de la récolte (1/06) jusqu'au 8/08, soit pendant 2 mois, à raison de 3 récoltes hebdomadaires : rendement commercial total et 1^{er} choix (en Kg/m²), poids moyens des fruits, taux et causes de 2^{ème} choix (blotchy ripening, fentes ...), pourcentage de déchets (nécrose apicale).



- **Au 8 juillet** (après 5 semaines de récolte, et 100 jours après plantation) :

Tableau 2 : Résultats intermédiaires au 8 juillet 2011 (toutes variétés en essai)

Irrigation	normale	restreinte
Volume d'eau <u>total</u> depuis plantation (100 jours) (en mm)	154 mm	135 mm
Volume d'eau <u>par jour</u> depuis plantation (en mm)	1.54 mm	1.35 mm
restriction d'eau en pourcentage		12%
Vigueur des plantes	Faible à bonne	Faible à bonne
Rendement commercial	7.56 Kg/m²	7.48 Kg/m²
Rendement 1^{er} choix	6.68 Kg/m²	6.57 Kg/m²
Poids moyen des fruits 1^{er} choix	217 g	221 g
Taux de 2^{ème} choix	11.7 %	12.2 %

La dose d'eau apportée depuis la plantation par goutte à goutte est de **154 mm** dans la zone d'irrigation normale contre **135 mm** dans la zone d'irrigation restreinte, soit une réduction de **12%**.

Les résultats agronomiques sont similaires dans les 2 zones pour l'ensemble des variétés :

- La récolte débute à la même date dans les 2 zones, le 1/06.
 - Le **rendement commercial** est de **7.56 Kg/m²** (normale) et de **7.48 Kg/m²** (restreinte), et le **rendement 1^{er} choix** est de **6.68 Kg/m²** (normale) et de **6.57 Kg/m²** (restreinte) ;
 - Le **calibre** et le **pourcentage de 2^{ème} choix** sont également similaires (surtout blotchy ripening).
- **Au 8 août** : (après 9 semaines de récolte, et 132 jours de culture)

Tableau 3 : Résultats finaux au 8 août 2011 :

Irrigation	normale	restreinte
Volume d'eau <u>total</u> depuis plantation (132 jours) (en mm)	278 mm	215 mm
Volume d'eau <u>par jour</u> depuis plantation (en mm)	2.1 mm	1.63 mm
restriction d'eau en pourcentage		22%
Vigueur des plantes	Faible à bonne	Faible à bonne
Rendement commercial (en Kg/m²)	11.64 Kg/m²	11.13 Kg/m²
Rendement 1^{er} choix (en Kg/m²)	10.61 Kg/m²	10.20 Kg/m²
Taux de 2^{ème} choix (en %)	8.4 %	8 %
Poids moyen des fruits 1^{er} choix	230 g	230 g

Le 8/08, l'apport cumulé d'eau depuis la plantation est de **278 mm** en zone normale (soit 2.1 mm/jour) contre **215 mm** en zone restreinte (soit 1.63 mm/jour), soit une restriction de 22%.

Les résultats agronomiques restent similaires dans les 2 zones pour l'ensemble des variétés :

- Le **rendement commercial** est de **11.64 Kg/m²** (normale) et de **11.13 Kg/m²** (restreinte), et le **rendement 1^{er} choix** est de **10.61 Kg/m²** (normale) et de **10.20 Kg/m²** (restreinte) ;
- Le **calibre** et le **pourcentage de 2^{ème} choix** sont également identiques (surtout blotchy ripening).
- Aucune nécrose apicale n'est observée dans les 2 modalités.

Les résultats agronomiques sont similaires : la restriction d'eau de 22% n'a pas induit de réduction de rendement ni de calibre dans l'ensemble des variétés en essai.

452- essai irrigation et fertilisation azotée sur Cauralina :

Sur la variété témoin Cauralina, un essai de **fertilisation azotée** a été ajouté à l'essai de réduction des **irrigations**, dans l'objectif d'étudier l'impact combiné des doses d'eau et d'azote sur le rendement et le calibre de cette variété.

Un suivi du niveau d'azote dans le sol et les plantes a été réalisé du 23 mai au 27 juillet, tous les 7 à 10 jours (voir protocole page 1 et 2).

Les tableaux et graphes ci dessous présentent les niveaux d'azote en **ppm** (mg/kg) dans le sol et dans la plante, pour les 4 modalités d'irrigation et de fertilisation :

Sans apport d'azote en culture (N-)		avec apport d'azote en culture (N+)	
irrigation normale : N- E+	irrigation restreinte : N- E-	irrigation normale : N+ E+	irrigation restreinte : N+ E-

• Mesures d'azote dans les sol et les plantes :

Le niveau d'azote dans le **sol** est déjà **faible** dès le 23 mai, malgré une fertilisation de fond de 160 N : il est compris entre **20 et 25 ppm pour les 4 modalités** qui sont encore identiques à cette date (« point 0) pour l'azote comme pour l'irrigation : aucun apport azoté n'a encore été réalisé en culture et la dissociation des irrigations a démarré à cette date.

De fin mai à fin juillet, les mesures réalisées tous les **8 à 10 jours dans les 4 modalités montrent des niveaux d'azote similaires et faibles, compris entre 10 et 30 ppm. 4 apports de 10 U/ha d'azote avec le fertilisant organique liquide ont été réalisés dans les 2 modalités N+,** en suivant la grille Pilazo (valeurs seuils mentionnées dans le graphe 6) ; ces apports n'ont induit aucune augmentation du niveau d'azote dans le sol.

Parallèlement, les mesures réalisées **sur les plantes** montrent une régression régulière des niveaux d'azote minéral, qui passent de plus de 4500 ppm le 23 mai à des valeurs proches de 2000 ppm dans les 4 modalités début juin : les 4 fertilisations azotées qui débutent à cette date tous les 7 à 10 jours dans les modalités N+, en suivant la grille Pilazo, ne permettent pas de relever le taux d'azote dans les plantes, qui diminue progressivement et passe sous 1000 ppm fin juillet.

Tableau 4 : Niveau d'azote nitrique dans le sol en ppm (mg/kg)

DATE	Sans apport d'azote		avec apport d'azote	
	N- E+	N- E-	N+ E+	N+ E-
23/5	22	25	21	20
31/5	18	50	34	26
8/6	31	54	28	35
16/6	13	12	23	28
28/6	9	26	10	25
7/7	10	9	11	16
19/7	26	7	11	12
28/7	25	7	6	14

Graphe 5 : Niveau d'azote nitrique dans le sol en ppm (mg/kg)

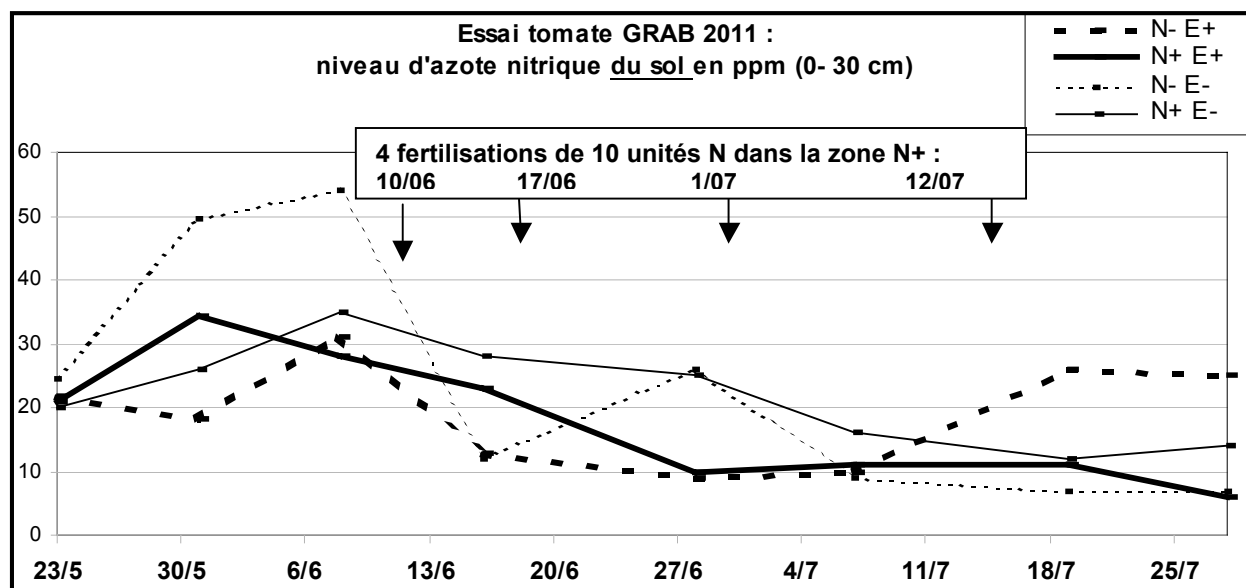
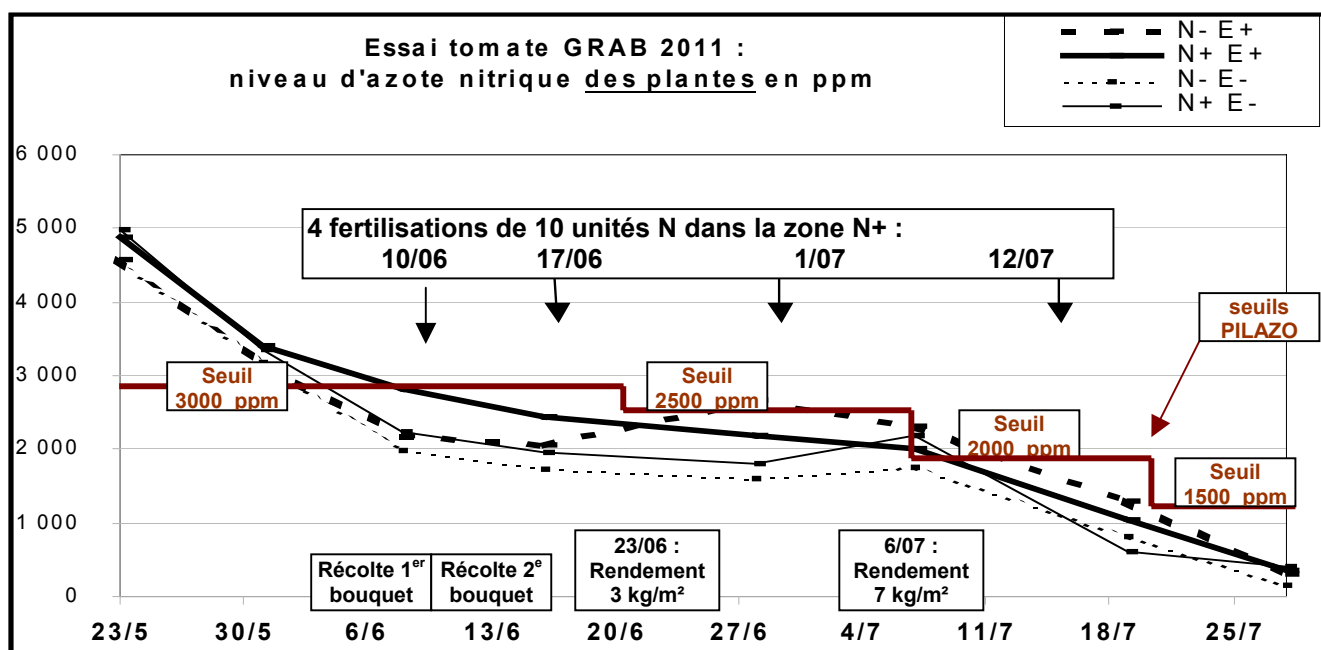


Tableau 5 : Niveau d'azote nitrique dans les plantes (Pilazo) en ppm (mg/kg)

DATE	Sans apport d'azote		avec apport d'azote	
	N- E+	N- E-	N+ E+	N+ E-
23/5	4 570	4 553	4 870	4 979
31/5	3 115	3 188	3 408	3 358
8/6	2 181	1 990	2 834	2 232
16/6	2 060	1 735	2 448	1 954
28/6	2 658	1 603	2 176	1 810
7/7	2 325	1 751	2 018	2 175
19/7	1 290	825	1 038	600
28/7	314	160	360	405

Graphe 6 : Niveau d'azote nitrique dans les plantes (Pilazo) (mg/kg)



• **Résultats agronomiques**

La vigueur des plantes et la présentation du feuillage sont similaires dans les 4 modalités.

Les résultats agronomiques sont comparés sur la variété Cauralina au 8/07 (résultats précoces) et au 8/08 (résultats finaux) : les tableaux 6 et 7 ci dessous mentionnent les niveaux de rendement, de 2^{ème} choix et de calibre pour les 4 modalités :

Tableau 6 : Résultats intermédiaires au 8 juillet 2011 (Cauralina)

Modalité	Rendement commercial (en Kg/m ²)	Rendement 1 ^{er} choix (en Kg/m ²)	Rendement 1 ^{er} choix (en Kg/m ²)	Poids moyen des fruits 1 ^{er} choix en g
N- E+	8,75	7,40	15%	193
N- E-	8,42	6,89	18%	208
N+ E+	7,95	6,66	16%	199
N+ E-	8,42	7,07	16%	214
Moyenne	8,39	7,01	16%	204

Tableau 7 : Résultats finaux au 8 août 2011 (Cauralina)

Modalité	Rendement commercial (en Kg/m ²)	Rendement 1 ^{er} choix (en Kg/m ²)	Rendement 1 ^{er} choix (en Kg/m ²)	Poids moyen des fruits 1 ^{er} choix en g
N- E+	12,70	10,97	14%	212
N- E-	11,51	9,78	15%	207
N+ E+	12,49	10,66	15%	208
N+ E-	11,77	10,21	13%	213
Moyenne	12,12	10,41	14%	210

→ **Le 8 juillet, le rendement commercial** est similaire dans les 4 modalités : de 8 kg/m² et 8.75 kg/m² ; la tendance est identique pour le **rendement 1^{er} choix** et le **pourcentage de 2^{ème} choix**. Le calibre est plus élevé dans les 2 modalités moins arrosées (E-) : 208 g et 214 g contre 193 g et 199 g.

→ **Le 8 août, le rendement commercial** varie entre 11.5 kg/m² et 12.7 kg/m² selon les modalités, avec un avantage pour les parcelles plus irriguées (E+) qui produisent 1 kg/m² de plus que les parcelles moins irriguées (12.5 kg/m² en moyenne contre 11.5 kg/m²) ; cette tendance est similaire pour le rendement 1^{er} choix. En revanche, on n'observe aucune incidence des fertilisations azotées, qui n'avaient d'ailleurs pas modifié le niveau d'azote du sol et des plantes. Le **pourcentage de 2^{ème} choix** et le calibre sont similaires dans les 4 modalités.

46- Mesures de qualité :

▪ **Mesures simples de qualité visuelle et gustative** (tableaux 5 et 6)

Du 1^{er} juillet au 5 août, 5 séries de tests ont été réalisées avec un groupe constitué de 10 à 15 dégustateurs (salariés et stagiaires du GRAB et de Bio De Provence) ; les tests ont été effectués sur une sélection de 7 à 10 lots à chaque série, et sur des fruits bien mûrs (environ 4-5 fruits de maturité homogène). Ces fruits ont été récoltés 4 jours avant la dégustation, placés en chambre froide à 12°C pendant 48 heures, puis à température ambiante intérieure (25 à 30°C) pendant 48 heures. A chacune des 5 séries, on a comparé Cauralina dans les 2 zones d'irrigation et les 2 zones de fertilisation.

Pour chacun des lots, des fruits de maturité homogène étaient présentés sur des assiettes (avec le n° de variété) : 2 ou 3 fruits entiers pour la notation visuelle et 2 fruits tranchés pour la dégustation.

L'appréciation visuelle et gustative était notée sur 10 selon les critères suivants :

- **L'aspect du fruit (critère visuel) : 1 note**

- **La qualité gustative : 3 notes : texture, saveur, ainsi qu'une note générale.**

Tableau 8 : fiche de notation de la qualité gustative et de l'aspect visuel :

Nom du dégustateur		Date :			Commentaires :
Variété :	Aspect du fruit :	Qualité Gustative			
		Texture :	Saveur :	Note générale :	
	(/10)	(/10)	(/10)	(/10)	

Tableau 5 : résultats des tests pour Cauralina (moyenne des notes des 5 séries)

Irrigation	Fertilisation azotée en culture	Note d'aspect	Note de texture	Note de saveur	Note générale de goût
E+ Normale	Oui N+	7	6.9	5.9	6.4
	Non N-	7.1	7.2	6.4	6.8
E- Restreinte	Oui N+	6.8	7.2	6.3	6.6
	Non N-	7.1	7.2	6.3	6.6

Pour l'aspect des fruits, les notes sont très proches pour les 4 modalités : entre 6.8 et 7.1.

Pour la qualité gustative, la texture et la saveur sont légèrement inférieures dans la modalité « irrigation normale + fertilisation azotée » ; ainsi, dans cette modalité, la texture est notée 6.9 en moyenne contre 7.2 dans les 3 autres modalités et la saveur est notée 5.9 en moyenne contre 6.3 et 6.4 dans les 3 autres modalités. La note générale de goût suit la même tendance.

CONCLUSION

Cet essai a permis de poursuivre l'étude de l'incidence de la réduction des irrigations en culture biologique de tomate sous abris. Le pilotage réalisé en 2011 a permis de mieux gérer les 2 modalités d'irrigations, au plus près des objectifs fixés de tensions du sol. La restriction s'est traduite par une réduction de 22% de la dose d'eau par goutte à goutte. Les 2 zones se sont comportées de façon similaire pour les résultats agronomiques pour l'ensemble des variétés et pour Cauralina : vigueur des plantes, rendement précoce et final, calibre des fruits. Par ailleurs, le niveau d'azote est resté assez bas dans le sol et les plantes, notamment à partir de début juillet ; les apports localisés d'azote en culture n'ont pas permis de relever ce niveau et n'ont eu aucune incidence sur les résultats agronomiques. Les résultats des tests gustatifs montrent des écarts faibles ou inexistantes entre les modalités d'irrigation et de fertilisation azotée.

ANNEE DE MISE EN PLACE : 2011 - ANNEE DE FIN D'ACTION : 2011

ACTION : nouvelle ○ en cours ● en projet ○

Renseignements complémentaires auprès de : C. Mazollier

GRAB BP 11283 - 84911 Avignon cedex 9 tel 04 90 84 01 70 - fax 04 90 84 00 37- mail catherine.mazollier@grab.fr

Mots clés du thésaurus Ctifl : *tomate, irrigation, fertilisation azotée, agriculture biologique, suivi tensiométrique, qualité gustative*

Date de création de cette fiche : mai 2012