

Projet d'expérimentation
de culture de poivrons et tomates
en grand tunnel
sous régie biologique

Projet PSDAB 08 BIO 53

Rapport final – saisons 2009 et 2010
Sites de Sainte-Eulalie et de Saint-Valérien-de-Rimouski

Par

AVENUE BIO DE L'EST
Le regroupement des producteurs et productrices horticoles biologiques
du Bas-Saint-Laurent

Déposé le 14 février 2011

**Ce rapport a été rédigé par Richard Favreau, B. Sc. M.A. en collaboration avec
Michel Bergeron, M. Sc., Agronomie
Christiane Cossette, dta
et Jacques Painchaud, agr, M. Sc.**

Table des matières

Introduction	1
1- Brève description du projet	1
2- Déroulement du projet	3
3- Les données thermiques	5
3.1 Les moyennes saisonnières	5
3.1.1 Les moyennes saisonnières à Sainte-Eulalie	5
3.1.2 Les moyennes saisonnières à Saint-Valérien	7
3.2 Les moyennes mensuelles	9
4- Les rendements	16
4.1 Les conditions de production	16
4.1.1 Les conditions de production à Sainte-Eulalie	16
4.1.2 Les conditions de production à Saint-Valérien	17
4.2 Les rendements totaux	18
4.2.1 Les rendements totaux à Sainte-Eulalie	18
3.1.2 Les rendements totaux à Saint-Valérien	20
4.3 L'effet de bordure	21
4.4 La précocité de la récolte	24
4.4.1 La précocité de la récolte à Sainte-Eulalie	24
4.4.2 Les précocité de la récolte à Saint-Valérien	25
4.5- L'état phytosanitaire des cultures	30
5- Aperçu technico-économique	32
 Résumé et conclusions.....	 36
 Annexes :	
A- Rapports du laboratoire de diagnostic phytosanitaire	
B- Tableaux technico-économiques	
C- Analyses de sols	

Tableaux et Figures

Tableau 1- Étapes de réalisation	3
Tableau 2- Moyennes saisonnières des valeurs quotidiennes (°C) / Ste-Eulalie 2009	5
Tableau 3- Moyennes saisonnières des valeurs quotidiennes (°C) / Ste-Eulalie 2010	5
Tableau 4- Moyennes saisonnières des valeurs quotidiennes (°C) / St-Valérien 2009	7
Tableau 5- Moyennes saisonnières des valeurs quotidiennes (°C) / St-Valérien 2010	7
Tableau 6- Moyennes mensuelles des températures de l'air (°C) / Ste-Eulalie 2010	9
Tableau 7- Moyennes mensuelles des températures de l'air (°C) / St-Valérien 2010	10
Tableau 8- Rendements commercialisables Tunnel / Ste-Eulalie 2009	18
Tableau 9- Rendements commercialisables Tunnel / Ste-Eulalie 2010	19
Tableau 10 - Les rendements totaux et commercialisables Tunnel et Champ / St-Valérien 2009	20
Tableau 11- Les rendements totaux et commercialisables Tunnel et Champ / St-Valérien 2010	20
Tableau 12- Rendements de chaque placette témoin exprimés en nombre ou kg/m ² / St-Valérien 2009	22
Tableau 13- Rendements de chaque placette témoin exprimés en nombre ou kg/m ² / St-Valérien 2010	23
Tableau 14- Dates repères pour la précocité / Ste-Eulalie 2010	24
Tableau 15- Dates repères pour la précocité / St-Valérien 2009	25
Tableau 16- Dates repères pour la précocité / St-Valérien 2010	25
Tableau 17- Précocité du mûrissement – Exprimé en poids et en pourcentage de fruits colorés / St-Valérien 2009 ...	28
Tableau 18- Précocité du mûrissement – Exprimé en poids et en pourcentage de fruits colorés / St-Valérien 2010 ...	28
Tableau 19- Incidence des facteurs de rejet - Ferme Val-aux-Vents 2009	30
Tableau 20- Incidence des facteurs de rejet - Ferme Val-aux-Vents 2010	30

Fig. 1- Température de l'air : Moyennes mensuelles des écarts entre le tunnel (centre) et le champ / Ste-Eulalie 2010	11
Fig. 2- Température de l'air : Moyennes mensuelles des écarts entre le tunnel (centre) et le champ / St-Valérien 2010	11
Fig. 3- Température du sol : Moyennes mensuelles des écarts entre le tunnel (centre) et le champ / Ste-Eulalie 2010	15
Fig. 4- Température du sol : Moyennes mensuelles des écarts entre le tunnel (centre) et le champ / St-Valérien 2010	15
Fig. 5- Rendement commercialisable pour chaque date de récolte / Ste-Eulalie 2010	26
Fig. 6- Rendement de fruits totaux colorés, commercialisables selon la date de récolte Viva Tunnel / St-Valérien 2009 ...	26
Fig. 7- Rendement de fruits totaux, colorés, commerc. selon la date de récolte Big Beef Tunnel / St-Valérien 2009	26
Fig. 8- Rendement de fruits totaux, colorés, commerc. selon la date de récolte Viva Champ / St-Valérien 2009	26
Fig. 9- Rendement de fruits totaux, colorés, commerc. selon la date de récolte Big Beef Champ / St-Valérien 2009	26
Fig. 10- Rendement de fruits totaux, colorés, commerc. selon la date de récolte Viva Tunnel / St-Valérien 2009	27
Fig. 11- Rendement de fruits totaux, colorés, commerc. selon la date de récolte Big Beef Tunnel / St-Valérien 2009	27
Fig. 12- Rendement de fruits totaux, colorés, commerc. selon la date de récolte Viva Champ / Saint-Valérien 2009	27
Fig. 13- Rendement de fruits totaux, colorés, commerc. selon la date de récolte Big Beef Champ St- Valérien 2009	27
Fig. 14- Rendement cumulatif de fruits commercialisables à chaque date de récolte / St-Valérien 2009	29
Fig. 15- Rendement cumulatif de fruits commercialisables à chaque date de récolte / St-Valérien 2009	29

Introduction

Ce rapport fait état des résultats des travaux menés en 2009 et 2010 dans le cadre du projet Expérimentation de culture de poivrons et tomates en grand tunnel sous régie biologique, réalisé par Avenue BIO de l'Est¹ grâce à la participation financière du *Programme de soutien au développement de l'agriculture biologique* (PSDAB) du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec. Ce rapport a été remis à l'administration du PSDAB le lundi 14 février 2011.

Le projet, qui a débuté en avril 2009, comportait deux années d'essais réalisés en deux localités, soit Sainte-Eulalie et Saint-Valérien-de-Rimouski. Un rapport annuel a été rédigé pour chacune des années pour chacun des sites. Ils sont disponibles sur demande.

Ce rapport présentera, pour chaque variable à l'étude, les résultats obtenus pour chacun des deux sites et années d'observation.

1- Brève description du projet

Le premier objectif du projet vise à comparer les rendements de la culture de poivrons et de tomates sous régie biologique en tunnel et en champ.

Les paramètres de mesure des rendements sont : le nombre, le poids, le calibre des fruits récoltés et des fruits commercialisables, le pourcentage de fruits commercialisables et la date des récoltes.

Les objectifs auxiliaires sont :

- Comparer l'effet du tunnel sur l'incidence des maladies et des désordres physiologiques.
- Mesurer l'effet du tunnel sur la température de l'air et du sol au centre et sur le bord du tunnel.
- Mesurer les variables technico-économiques de la culture de poivrons et de tomates en grand tunnel afin d'en évaluer la rentabilité.

Le projet comporte deux sites expérimentaux : Sainte-Eulalie (Centre-du-Québec) et Saint-Valérien-de-Rimouski (Bas-Saint-Laurent).

Le site de Sainte-Eulalie expérimente la production de poivrons doux *California Wonder*, de piments de Cayenne, de tomates *Florida 47* (ronde, dét.) et de tomates *Apt 533* (italienne, dét.), pour chacune des deux années, dans un grand tunnel Harnois Ovaltech de 120 pieds par 25 pieds à ventilation latérale. L'espace occupé par les poivrons et les piments en 2009 est utilisé par la tomate en 2010 et vice-versa. Le tunnel de Sainte-Eulalie est orienté nord-sud. Le sol est un sable Saint-Jude.

¹ Contact : Richard Favreau, président, rfavreau@globetrotter.net

Le site de Saint-Valérien expérimente seulement la culture des tomates *Big Beef* (ronde, indé.) et *Viva Italia* (italienne, dét.) durant les deux années, dans deux tunnels individuels de même modèle (Harnois Ovaltech), mais deux fois plus court; soit de dimension 56 pieds par 25 pieds. Les tunnels de Saint-Valérien sont orientés NE-SO. Le sol est un loam Rimouski.

Dans les deux sites, chaque tunnel comporte 6 rangs orientés dans le sens de leur longueur. Les plants sont espacés de 18 pouces sur le rang pour une densité de 16 560 plants/hectare. L'échantillonnage comporte 3 placettes-échantillons de 7 plants pour chacun des cultivars dans chaque site. Une placette est localisée dans un rang du bord du tunnel, une dans un rang du centre et l'autre dans un rang intermédiaire. Le dispositif comprend un réplicat en plein champ.

À Saint-Valérien, les acquiseurs de données de température (Hobo de Onset) ont été fixés la première année à des potences à 15-30 cm au dessus de la cime des plants et, pour la deuxième année, à 75% de la hauteur des plants pour la température de l'air. La température du sol a été mesurée à 10 cm de profondeur. Un couple air-sol a été installé au centre de la parcelle du champ, un dans le rang du centre du tunnel et un dans le rang du bord. À Sainte-Eulalie, les acquiseurs ont été disposés de même façon sauf que les sondes aériennes étaient situées un peu au-dessous de la cime des plants les deux années.

Collaborations

L'exécution des travaux et la prise de données sont supervisées par madame Christiane Cossette, dta, MAPAQ Bas-Saint-Laurent pour le site de Saint-Valérien et par monsieur Jacques Painchaud, agr, M.Sc., MAPAQ Centre-du-Québec pour le site de Sainte-Eulalie. M. Painchaud est aussi le superviseur scientifique du projet. Madame Christine Villeneuve, agr, MAPAQ Saint-Rémi, assure le maillage avec les autres recherches en ce domaine; mesdames Sylvie Raymond et Johanne Vary, respectivement agroéconomistes au MAPAQ Rivière-du-Loup et MAPAQ Centre-du-Québec, assurent l'évaluation technico-économique pour leurs régions.

2- Déroulement du projet

Le tableau suivant présente les étapes de réalisation du projet.

Tableau 1- Étapes de réalisation				
	2009		2010	
	Sainte-Eulalie	Saint-Valérien	Sainte-Eulalie	Saint-Valérien
Début de construction du tunnel	1 ^{er} juin	03 mai	n/a	03 mai
Fin de construction du tunnel	13 juin	24 mai	n/a	24 mai
Plantation en tunnel	14 juin	25 mai	23 mai	20 mai
Plantation en champ	18 juin	11 juin	24 mai	10 juin
Plage de données de température	27 juin -14 octobre	20 juin - 09 octobre	24 mai - décembre	23mai - 09 octobre
Date de première récolte en tunnel tomates / poivrons	31 août / 31 août	15 août / s.o.	12 juil. / 09 août	08 août / s.o.
Date de première récolte en champ tomates / poivrons	- nil -	23 août / s.o.	20 juil./ - nil -	15 août / s.o.
Date de dernière récolte en tunnel tomates / poivrons	14 octobre/14 octobre	10 octobre / s.o.	26 sept / 26 sept.	03 octobre / s.o.
Date de dernière récolte en champ tomates / poivrons	- nil -	3 octobre / s.o.	16 août / - nil -	18 septembre / s.o.
Visite de terrain (1)	- nil -	28 août	20 juil.	10 septembre
Analyses de laboratoire	- nil -	7 juillet, 15 septembre et 8 octobre	- nil -	29 juin, 12 juillet et 15 août
(1) Détail des visites: 28 août 2010 (Saint-Valérien) part. : Michel Bergeron et Richard Favreau, producteurs, Christiane Cossette et Jacques Painchaud du MAPAQ 20 Juillet 2011 (Sainte-Eulalie) : part. : Michel Bergeron, Jacques Painchaud, Jacynthe Lareau (PSDAB) et 3 représentants du MAPAQ. 10 septembre 2011 (Saint-Valérien) : Démonstration publique 15 participants : 4 producteurs, 4 consommateurs, 5 repr. MAPAQ et 2 agr. (privé).				

Commentaires pour le site de Sainte-Eulalie

En 2009, les plants de tomates ont dû être remplacés (mortalité par le gel en pépinière) et la plantation eut lieu plus tard que prévu. Les acquiseurs de données ont été mis en place le 27 juin. La production de tomates, poivrons et piments en champ fut un échec total pour raisons de très forte pluviométrie et de très mauvais drainage. Une partie de la production en tunnel a été affectée par un retour de drain. Les analyses de laboratoire n'ont pas été jugées nécessaires. Le plastique a été laissé en place durant tout l'hiver ; les broches ont dû être remplacées au printemps.

En 2010, la plantation a pu se faire normalement en tunnel (23 mai) et, en raison du climat favorable, la mise en terre en champ a été avancée au 24 mai (prévue au 10 juin). Les acquiseurs de données ont pu être mis en route le 21 mai. La production en champ a été compromise en raison d'un entretien inadéquat faute de ressources humaines. Il n'y a pas eu d'analyses de laboratoire.

Commentaires pour le site de Saint-Valérien

En 2009, la construction du tunnel a été beaucoup plus longue qu'escompté. Aussi, la plantation a été retardée de 4 jours (date prévue 21 mai). Une erreur de lancement des sondes Hobo faite le 12 juin a été constatée le 19 juin, date du réamorçage. Seulement trois (3) analyses de laboratoire ont été requises à Saint-Valérien en raison du faible taux de maladies du feuillage. La production a été très bonne tant en champ qu'en tunnel malgré un été frais et pluvieux.

En 2010, la construction a requis le même temps mais a inclus l'installation d'évents de bouts et de treillis permanents. L'interligne a été resserrée de 48 à 44 pouces pour permettre une plus large marge sur les bords. La ventilation a été améliorée par l'abaissement des gaines de côtés de 30 à 24 pouces et par l'aménagement d'évents déroulants aux deux bouts (6 pieds par 16 pieds). La plantation a pu se faire le 20 mai en tunnel et le 10 juin en champ. Les acquiseurs de données ont pu être mis en route le 21 mai. Trois (3) analyses de laboratoire ont aussi été réalisées. La production en tunnel a été confrontée à un été très chaud et hâtif; en champ, la production de la tomate *Big Beef* a été très affectée par la pourriture apicale.

3- Les données thermiques

3.1 Les moyennes saisonnières

3.1.1 Les moyennes saisonnières de Sainte-Eulalie

Le tableau 2 présente la moyenne des valeurs maximales, minimales et moyennes quotidiennes pour les trois stations air et sol, pour la période du **27 juin** au 14 octobre 2009 inclusivement ainsi que les écarts de valeurs entre le champ et le tunnel.

Tableau 2 - Moyennes saisonnières des valeurs quotidiennes (°C) Sainte-Eulalie 2009			
	Maximum	Minimum	Moyenne
Tunnel centre sol	25,46	18,09	20,98
Tunnel bord sol	23,77	17,83	20,58
Champ sol	21,05	15,18	17,84
Tunnel centre air	31,82	12,32	19,93
Tunnel bord air	32,27	12,22	20,10
Champ air	24,52	10,09	16,54
Écart des valeurs des stations tunnel vs stations du champ (°C)			
	Maximum	Minimum	Moyenne
Tunnel centre sol	4,42	2,91	3,14
Tunnel bord sol	2,72	2,64	2,74
Tunnel centre air	7,29	2,24	3,39
Tunnel bord air	7,75	2,13	3,56

Le tableau 3 présente les mêmes données pour la période du **24 mai** au 9 octobre 2010.

Tableau 3- Moyennes saisonnières des valeurs quotidiennes (°C) Sainte-Eulalie 2010			
	Maximum	Minimum	Moyenne
Tunnel centre sol	22,50	18,33	20,36
Tunnel bord sol	21,51	18,03	19,78
Champ sol	20,38	16,49	18,41
Tunnel centre air	31,06	12,35	20,61
Tunnel bord air	31,89	12,03	20,66
Champ air	27,02	10,66	18,15
Écart des valeurs des stations tunnel vs stations du champ (°C)			
	Maximum	Minimum	Moyenne
Tunnel centre sol	2,12	1,84	1,95
Tunnel bord sol	1,13	1,54	1,37
Tunnel centre air	4,04	1,69	2,46
Tunnel bord air	4,87	1,37	2,51

Commentaires pour Sainte-Eulalie

La comparaison des valeurs entre 2009 et 2010 est risquée du fait que les données ne couvrent pas les mêmes plages; la prise de données a débuté le 27 juin en 2009 et dès le 24 mai 2010.

On observe les constances suivantes, peu importe l'année d'observation :

- L'effet du tunnel sur les moyennes est plus marqué pour la température de l'air que pour la température du sol.
- L'effet du tunnel sur la température de l'air est plus marqué sur les maxima que sur les minima.
- L'effet du tunnel est plus marqué sur la température maximale de l'air que sur la température maximale du sol.
- L'effet du tunnel est plus marqué sur la température minimale du sol que sur la température minimale de l'air.
- L'effet du tunnel sur la température de l'air maximale est plus fort sur le bord que sur le centre et c'est l'inverse pour les températures minimales.
- L'effet du tunnel sur la température du sol est plus fort au centre que sur le bord, tant pour les maxima que pour les minima.
- La différence la plus importante entre le bord et le centre se situe pour la température maximale du sol. Le sol devient plus chaud au centre que sur le bord.

3.1.2 Les moyennes saisonnières de Saint-Valérien

Le tableau 4 présente la moyenne des valeurs maximales, minimales et moyennes quotidiennes pour les trois stations air et sol, pour la période du **20 juin** au 9 octobre 2009 inclusivement ainsi que les écarts de valeurs entre le champ et le tunnel.

Tableau 4- Moyennes saisonnières des valeurs quotidiennes (°C) Saint-Valérien 2009			
	Maximum	Minimum	Moyenne
Tunnel centre sol	19,607	15,848	17,481
Tunnel bord sol	19,656	15,140	17,160
Champ sol	18,525	14,682	16,415
Tunnel centre air	27,319	11,228	17,661
Tunnel bord air	26,421	11,263	17,408
Champ air	24,058	10,980	16,476
Écart des valeurs des stations tunnel vs stations du champ (°C)			
	Maximum	Minimum	Moyenne
Tunnel centre sol	1,081	1,166	1,066
Tunnel bord sol	1,131	0,457	0,745
Tunnel centre air	3,260	0,248	1,184
Tunnel bord air	2,363	0,282	0,932

Le tableau 5 présente les mêmes données pour la période du **21 mai** au 9 octobre 2010.

Tableau 5 Moyennes saisonnières des valeurs quotidiennes (°C) Saint-Valérien 2010			
	Maximum	Minimum	Moyenne
Tunnel centre sol	19,677	16,193	17,765
Tunnel bord sol	19,743	16,489	18,029
Champ sol	18,314	14,656	16,390
Tunnel centre air	28,387	10,700	18,120
Tunnel bord air	26,971	10,883	18,019
Champ air	23,556	10,157	16,416
Période 21 mai au 9 octobre 2010			
Écart des valeurs des stations tunnel vs stations du champ (°C)			
	Maximum	Minimum	Moyenne
Tunnel centre sol	1,363	1,537	1,375
Tunnel bord sol	1,429	1,833	1,639
Tunnel centre air	4,831	0,543	1,704
Tunnel bord air	3,415	0,726	1,603

Commentaires pour Saint-Valérien

Comme pour Sainte-Eulalie et pour la même raison de différence de plage de données, les mêmes précautions s'imposent dans la comparaison des données des deux années d'observation.

On observe les constances suivantes, peu importe l'année d'observation :

- L'effet du tunnel sur la température de l'air est plus marqué sur les maxima que sur les minima.
- L'effet du tunnel est plus marqué sur la température maximale de l'air que sur la température maximale du sol.
- L'effet du tunnel est plus marqué sur la température minimale du sol que sur la température minimale de l'air.
- L'effet du tunnel sur la température de l'air maximale est plus fort sur le centre que sur le bord et c'est l'inverse pour les températures minimales (contraire de Sainte-Eulalie).
- L'effet du tunnel sur la température du sol est plus fort au centre que sur le bord, pour les maxima seulement. (pour les minima, les deux années diffèrent dans leur résultat).
- La différence la plus importante entre le bord et le centre se situe pour la température maximale de l'air.

Constances pour les deux sites :

- L'effet du tunnel sur la température de l'air est plus marqué sur les maxima que sur les minima.
- L'effet du tunnel est plus marqué sur la température maximale de l'air que sur la température maximale du sol.
- L'effet du tunnel est plus marqué sur la température minimale du sol que sur la température minimale de l'air.
- L'effet du tunnel sur la température du sol est plus fort au centre que sur le bord, pour les maxima seulement.

Dissemblances

- L'effet du tunnel sur la température de l'air maximale est plus fort sur le centre que sur le bord et c'est l'inverse pour les températures minimales (effet contraire à Sainte-Eulalie).
- Dans les deux années, le tunnel de Sainte-Eulalie a produit un effet beaucoup plus marqué sur les températures minimales de l'air qu'à Saint-Valérien.

3.2 Les moyennes mensuelles

Nous ne comparerons que les moyennes mensuelles de 2010 pour les deux sites parce qu'elles couvrent, à la différence de 2009, toute la période de culture.

Le tableau 6 présente les valeurs mensuelles des températures de chaque station à Sainte-Eulalie.

Tableau 6- Moyennes mensuelles des températures de l'air (°C) Sainte-Eulalie 2010						
Moyenne des maxima quotidiens selon le mois				Écarts		
	Champ	Tunnel bord	Tunnel centre	Centre vs Champ	Bord vs Champ	Centre vs Bord
Mai	30,86	36,94	35,19	4,33	6,08	-1,75
Juin	26,38	33,42	32,88	6,50	7,04	-0,54
Juillet	30,53	33,21	33,11	2,58	2,68	-0,10
Août	29,30	33,22	31,24	1,94	3,92	-1,98
Septembre	23,63	28,92	27,94	4,31	5,29	-0,98
Octobre	18,08	24,02	24,80	6,72	5,94	0,78
Saison	27,02	31,89	31,06	4,04	4,87	-0,83
Moyenne des minima quotidiens selon le mois				Écarts		
	Champ	Tunnel bord	Tunnel centre	Centre vs Champ	Bord vs Champ	Centre vs Bord
Mai	9,94	10,85	10,90	0,96	0,91	0,05
Juin	10,24	12,15	12,28	2,04	1,91	0,13
Juillet	14,85	15,88	16,20	1,35	1,03	0,32
Août	12,03	13,33	13,69	1,66	1,30	0,36
Septembre	8,69	9,93	10,42	1,73	1,24	0,49
Octobre	1,13	2,91	3,45	2,32	1,78	0,54
Saison	10,66	12,03	12,35	1,69	1,37	0,32
Moyenne des moyennes quotidiennes selon le mois				Écarts		
	Champ	Tunnel bord	Tunnel centre	Centre vs Champ	Bord vs Champ	Centre vs Bord
Mai	20,30	23,19	22,39	2,09	2,89	-0,80
Juin	17,72	21,34	21,12	3,40	3,62	-0,22
Juillet	22,23	24,18	24,26	2,03	1,95	0,08
Août	19,90	21,94	21,78	1,88	2,04	-0,16
Septembre	15,23	17,41	17,53	2,30	2,18	0,12
Octobre	8,46	11,49	11,90	3,44	3,03	0,41
Saison	18,15	20,66	20,61	2,46	2,51	-0,05

Généralement, l'effet du tunnel a été pratiquement semblable pour les températures moyennes, le centre étant très légèrement plus frais (-0,05) que le bord; la fraîcheur plus marquée pour les maxima (-0,83) est compensée par des minima légèrement plus élevés (+0,32).

Le tableau 7 présente les mêmes valeurs pour Saint-Valérien

Tableau 7- Moyennes mensuelles des températures de l'air (°C) Saint-Valérien 2010						
Moyenne des maxima quotidiens selon le mois				Écarts		
	Champ	Tunnel bord	Tunnel centre	Centre vs Champ	Bord vs Champ	Centre vs Bord
Mai	25,71	29,68	29,57	3,86	3,97	-0,11
Juin	24,10	26,69	27,52	3,42	2,60	0,82
Juillet	27,37	31,48	32,46	5,09	4,11	0,98
Août	25,89	29,20	31,01	5,12	3,31	1,81
Septembre	18,52	21,00	23,84	5,32	2,48	2,84
Octobre	14,88	21,17	21,93	7,04	6,28	0,76
Saison	23,56	26,97	28,39	4,83	3,42	1,42
Moyenne des minima quotidiens selon le mois				Écarts		
	Champ	Tunnel bord	Tunnel centre	Centre vs Champ	Bord vs Champ	Centre vs Bord
Mai	7,95	9,29	9,39	1,45	1,35	0,10
Juin	9,22	10,19	10,19	0,97	0,97	-0,00
Juillet	13,86	14,43	14,22	0,36	0,57	-0,21
Août	12,69	13,17	12,79	0,10	0,48	-0,38
Septembre	7,50	8,25	7,98	0,49	0,75	-0,26
Octobre	3,36	3,82	3,73	0,37	0,46	-0,09
Saison	10,16	10,88	10,70	0,54	0,73	-0,18
Moyenne des moyennes quotidiennes selon le mois				Écarts		
	Champ	Tunnel bord	Tunnel centre	Centre vs Champ	Bord vs Champ	Centre vs Bord
Mai	16,68	19,00	18,71	2,04	2,32	-0,29
Juin	16,59	18,09	17,79	1,20	1,51	-0,30
Juillet	20,03	21,69	21,81	1,78	1,66	0,11
Août	18,76	20,42	20,65	1,89	1,66	0,23
Septembre	12,46	13,61	13,92	1,46	1,14	0,31
Octobre	8,22	10,38	10,51	2,30	2,16	0,13
Saison	16,42	18,02	18,12	1,70	1,60	0,10

La tendance est contraire à Saint-Valérien : les moyennes sont très légèrement plus élevées au centre (+0,10). Les maxima y sont nettement plus élevés (+1,42) et les minima très légèrement (-0,18) moins élevés.

Tant à Sainte-Eulalie qu'à Saint-Valérien, on observe que les écarts fluctuent beaucoup selon le mois. Les graphiques en page suivante illustrent les écarts entre le centre du tunnel et le champ selon les mois d'observation, pour la température de l'air.

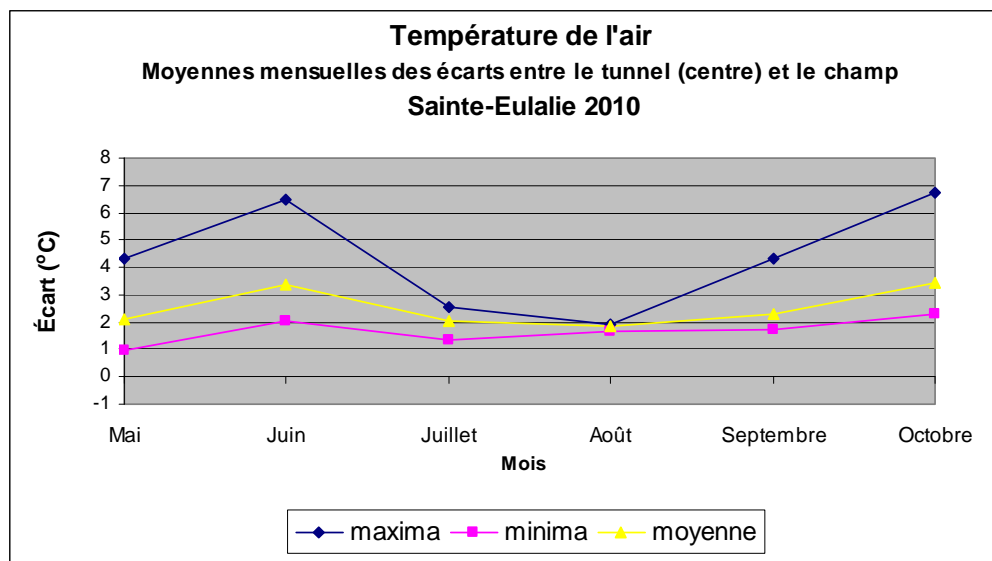


Fig. 1

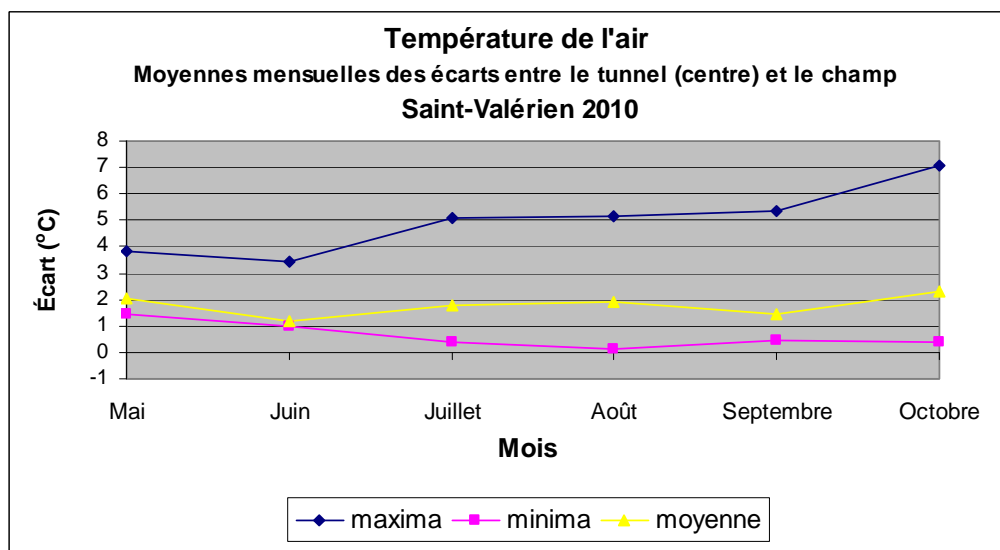


Fig. 2

Dans les deux cas, on observe que l'effet du tunnel sur la température de l'air est toujours supérieur pour les maxima que pour les minima. Cet effet est plus marqué en début et en fin de saison à Sainte-Eulalie, et en fin de saison seulement à Saint-Valérien.

Dans les deux cas, l'effet sur les minima est très légèrement plus important en début et en fin de saison. Le tunnel de Sainte-Eulalie a généralement eu plus d'effet sur la température de l'air moyenne que celui de Saint-Valérien. Le tunnel de Saint-Valérien a produit un effet sur les températures maximales croissant durant la saison tandis que les plus forts effets sont en début et fin de saison à Sainte-Eulalie.

Le tunnel de Sainte-Eulalie produit un effet relativement constant sur les températures minimales de l'air tandis que celui de Saint-Valérien produit un effet devenant presque nul à compter de juillet.

Photo 1 Vue sur le tunnel de Sainte-Eulalie 8 juillet 2009



Photo 2 Intérieur du même tunnel 21 juillet 2009



Photo 3 vue sur le tunnel Saint-Valérien et le champ 03 août 2009



Photo 4 Gros plan sur Viva Italia en tunnel 5 août 2010



Photo 5 : Parcelle du Champ, Saint-Valérien, 5 août 2010; tunnel 2010 en arrière-plan



Pour comparer avec le tunnel, voir la photo 6 p.31. La photo 6 fut prise 14 jours plus tôt !

Les graphiques en page suivante illustrent les écarts entre le centre du tunnel et le champ selon les mois d'observation, pour la température du sol.

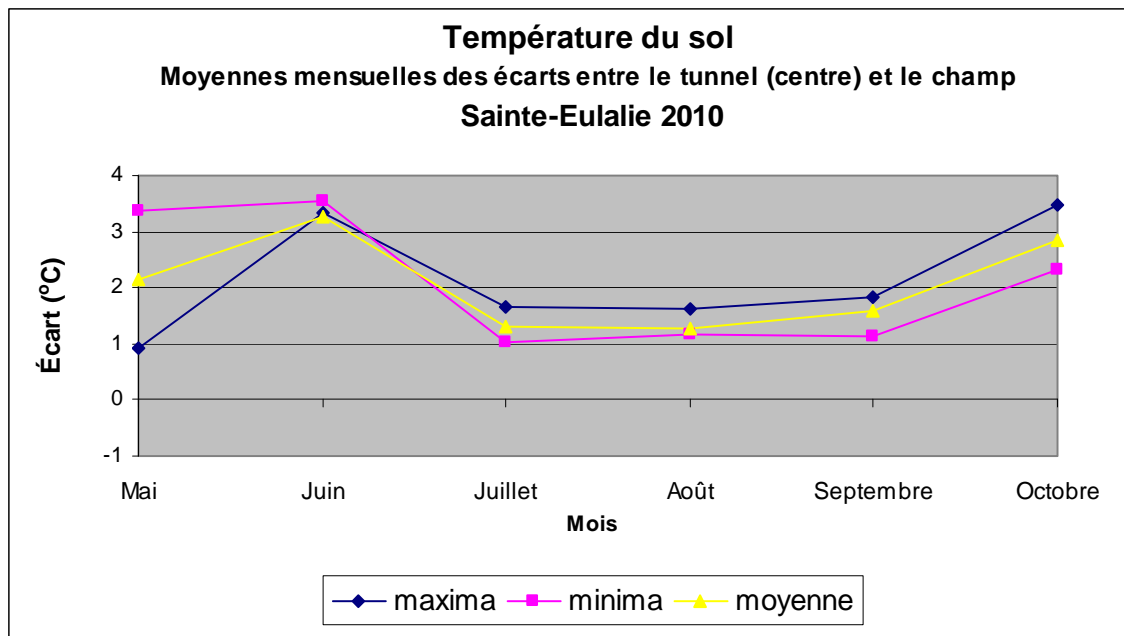


Fig. 3

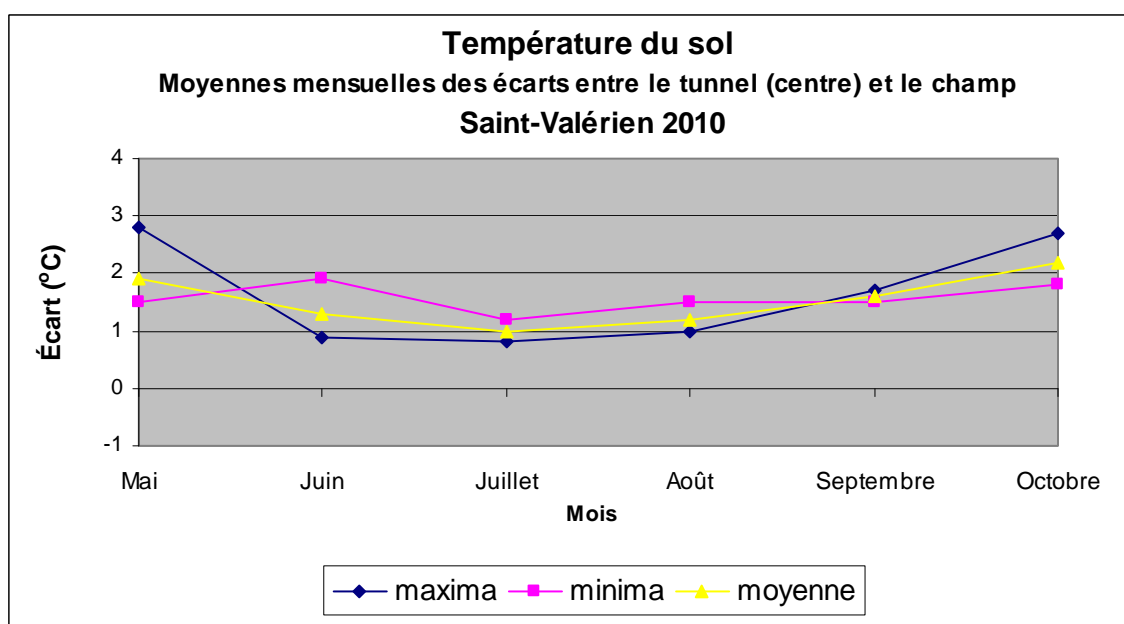


Fig. 4

L'effet du tunnel sur la température du sol est nettement plus important en début et en fin de saison dans les deux cas. Les données des deux sites sont semblables à l'exception du mois de juin où l'effet du tunnel fut beaucoup plus marqué à Sainte-Eulalie qu'à Saint-Valérien. Ce pic de juin est aussi observable sur la température de l'air. L'effet plus marqué du tunnel à cette période peut être attribué à des températures de l'air beaucoup plus fraîches en juin qu'en mai et au fait qu'à cette période, la moindre aération permet de produire plus d'effet en conditions adverses.

4- Les rendements.

Pour chacun des deux sites, nous présenterons les rendements obtenus pour chacun des deux années d'observation.

Pour bien se situer dans le contexte de la production des deux sites, nous ferons d'abord état des conditions de production : régie de cultures, conditions climatiques et santé des cultures.

4.1 Conditions de production

4.1.1 Sainte-Eulalie

À Sainte-Eulalie, en 2009, l'implantation du projet s'est heurtée à la perte des plants de tomates et de poivrons, suivie de l'implantation tardive du tunnel. Les plants de remplacement furent de variété différente en raison de la disponibilité ainsi que de la mise en terre tardive qui suggérait l'usage d'un cultivar à port déterminé pour la tomate type *Beef*. La plantation en tunnel a eu lieu le 14 juin et en champ le 18 juin. L'été très pluvieux a empêché tout entretien au champ, menant à une perte totale. En tunnel, plusieurs sections ont été improductives en raison d'un retour de drain. Le plastique a été maintenu en place sans trop de dommages à l'hiver.

En 2010, les mêmes cultivars ont été utilisés. La mise en terre en tunnel a pu se faire le 23 mai et, en champ, a été devancée au 24 mai. Un des trois rangs témoin, situé en bordure du tunnel, a été nettement moins productif pour des raisons d'éclaboussures externes, de moindre qualité du travail du sol et en raison de mauvais drainage du à une contre-pente au droit d'un drain. Les ressources humaines limitées ont fait opter le producteur à ne se consacrer uniquement qu'à la production en tunnel. En champ, l'invasion par les mauvaises herbes et des carences d'irrigation (non-utilisation du tensiomètre) ont généré une production de fruits impropres à leur commercialisation (fendillements, pourriture apicale, etc.) menant à l'abandon de la récolte dès le 16 août. La production de tomates (dans les 5 rangs productifs) fut bonne. Celle de poivrons fut faible : les facteurs en cause peuvent être l'irrigation ou la fertilisation inadéquates, et possiblement le choix d'un cultivar de poivrons doux peu adapté au tunnel. La production de poivrons de Cayenne a donné un rendement négligeable au point qu'il ne fut pas comptabilisé.

Il n'y a donc pas d'élément comparatif entre le tunnel et le champ, ni entre les rangs pour la tomate et peu de données pour les poivrons.

4.1.2 Saint-Valérien

En 2009, à Saint-Valérien, l'implantation du projet a été légèrement retardée (5 jours) en raison du temps plus long de construction du tunnel. La production des plants de tomates n'a pas été optimale en raison de l'avancement du calendrier. La mise en terre s'est déroulée comme prévu en champ et a livré une production supérieure, quoique très tardive, et ce, malgré un été très pluvieux qui a limité les possibilités de désherbage. En tunnel, la vigueur et la production des plants ont été impressionnantes mais ont rendu insuffisant le système de treillis. L'irrigation a probablement été trop abondante (première année d'expérience d'usage des tensiomètres). La vigueur des plants et l'insuffisance des treillis ont mené à des conditions de mauvaise ventilation auxquelles on a remédié en partie en cours de production. On a noté des symptômes de carence magnésienne sur la *Big Beef* et de l'enroulement du feuillage chez la *Viva Italia*. En champ, il y a eu plusieurs foyers d'émergence de maladies (*alternaria*, mildiou et moisissure grise) causant des pertes aux fruits récoltés en septembre et début octobre. En tunnel, il y a eu des pertes par le *Pythium* (pourridié, 3 plants) et par la moisissure grise favorisée par la ventilation inadéquate. La moisissure grise, le mildiou et les cas de *Pythium* (pourridié) furent confirmés par analyse de laboratoire. Généralement, les résultats tant en champ qu'en tunnel ont été très satisfaisants, supérieurs à ceux anticipés.

En 2010, la construction du tunnel et la plantation ont été complétées à la date prévue (20 mai). Les correctifs à la production de plants ont donné le résultat espéré. Des modifications simples au tunnel ont assuré une ventilation adéquate : gaine de côté abaissée de 6 pouces, événements déroulants de 6 x 16 pieds à chaque extrémité, utilisation de treillis plus hauts (7 pieds vs 4 pieds) suspendus aux raidisseurs plutôt que tendus entre des poteaux. La fertilisation à l'automne précédent, une correction trop sévère de l'irrigation (jugée trop abondante en 2009) et possiblement les très fortes températures ont mené à une perte de vigueur des plants, constatée vers le 20 juillet, et ce tout particulièrement pour la *Big Beef*. Une fertilisation d'appoint menée en 4 doses en août a permis de remédier à la situation. Une correction calco-magnésienne visant à corriger le déséquilibre K/Mg apportée en début de saison 2010 peut expliquer l'absence de symptômes de carence magnésienne (observés en 2009). Les conditions de température et d'irrigation ont causé beaucoup de stress : brûlure et avortement de fleurs chez la *Big Beef*, nécrose des pétioles chez la *Viva Italia*. En ce dernier cas, trois tests du labo (feuilles, puis plants entier) n'ont pu révéler l'action d'un pathogène connu (rapport en annexe A)

L'incidence de la moisissure grise fut considérablement réduite, limitée généralement aux fruits de la récolte finale et à un plant du centre du tunnel (confirmé labo). Les résultats du tunnel furent légèrement supérieurs à ceux de 2010 pour la *Big Beef* et augmentés de 27 % pour la tomate *Viva Italia*.

En champ, les conditions ont permis de bien désherber les cultures. Toutefois, le retard à rendre fonctionnelle l'irrigation (sous-estimation du besoin en eau, mauvaise priorisation par le producteur) a causé beaucoup de pourriture apicale, particulièrement sur la *Big Beef*. La très forte pluviosité de septembre, à son tour, a causé beaucoup de fendillement. Les rendements en champ ont été ainsi inférieurs à ceux de 2009. La prise en compte des pertes dues à la pourriture apicale, attribuables au producteur, pourrait permettre de redresser les données du champ et fournir un élément de comparaison plus réaliste entre le champ et le tunnel.

Les données de Saint-Valérien permettent la comparaison entre le champ et le tunnel et entre les rangs du tunnel.

4.2 Les rendements totaux

La stratégie de cueillette diffère selon les sites. À Sainte-Eulalie, les fruits ont été cueillis mûrs et prêts à la commercialisation en 2009 et 2010. À Saint-Valérien, en 2009, les fruits ont été cueillis au stade virant, i.e. présentant une légère initiation de coloration. En 2010, les fruits ont été cueillis nettement colorés, et disponibles à la vente dans un délai de 7 à 10 jours. Les deux années, à Saint-Valérien, les dernières récoltes ont inclus une forte proportion de fruits verts destinés à un mûrissement en entrepôt.

4.2.1 Les rendements totaux de Sainte-Eulalie

Les cultivars utilisés étaient le *Florida 47*, (type *Beef* dét.) et le *APT 533*, (dét.). Le poivron était le *California Wonder*. Un cultivar de piment *Petit Cayenne* était aussi à l'essai mais n'a pas livré de rendement utile.

Tableau 8 - Rendements commercialisables Tunnel Sainte-Eulalie 2009				
	Rendement total (kg/m ²)	Fruits commercialisés (kg/m ²)	Fruits déclassés (kg/m ²)	Taux de rejet (%)
Florida 47	5,871	4,287	1,584	27%
Apt 533	5,246	4,634	0,612	12%
California Wonder	0,938	0,850	0,088	10%
Petit Cayenne	0,066	0,063	0,003	5%

Les mesures par placettes ne sont pas présentées parce que le rang du bord n'a pas produit de résultat.

Le rendement des tomates est appréciable compte tenu du fait de la mise en terre tardive. L'utilisation d'un cultivar déterminé a été opportune en telle situation.

Il est à noter que le rendement du poivron au mètre carré est relativement faible.

Le tableau 9 présente les rendements pour 2010.

Tableau 9- Rendements commercialisables Tunnel Sainte-Eulalie 2010						
	Rendement total	Fruits commercialisables			Poids des fruits déclassés (kg/m ²)	Taux de rejet (%)
		Poids (kg/m ²)	Nombre (nb/m ²)	Calibre (g)		
Florida 47						
Bord	2,83	2,81	15,85	177	0,02	0,52%
Intermédiaire	8,02	7,46	37,61	198	0,56	6,99%
Centre	8,24	8,04	38,80	207	0,20	2,40%
Moyenne 3 placettes	6,36	6,10	30,75	194	0,26	4,05%
Moyenne tout tunnel	7,98 + rejet	7,98	n/d	n/d	n/d	n/d
Apt 533						
Bord	5,22	5,20	74,28	70	0,02	0,29%
Intermédiaire	6,09	6,03	80,91	75	0,06	0,90%
Centre	6,41	6,39	96,76	66	0,02	0,28%
Moyenne 3 placettes	5,90	5,87	83,98	70	0,03	0,50%
Moyenne tout tunnel	7,43 + rejet	7,43	n/d	n/d	n/d	n/d
California Wonder		0,33	2,44	135	0	0

On remarque une augmentation remarquable du rendement commercialisable comparé à 2009 pour les deux cultivars de tomates. Le faible rendement du rang du bord pour *Florida 47* fait sous-estimer le rendement réel du tunnel. Les conditions de croissance ont été améliorées et expliquent la forte diminution du taux de rejet. On remarque que le calibre tend à croître du bord vers le centre du tunnel pour *Florida 47*; est-ce effet du tunnel ou de la moindre charge en fruits ? Le gradient de calibre pour la *Apt 33* est moins évident (le calibre du rang intermédiaire étant supérieur).

Pour les deux cultivars, le nombre de fruits et le rendement, tant total que commercialisable, croissent vers le centre. Autre fait à noter, le taux de rejets pour les deux cultivars est plus élevé dans le rang intermédiaire que dans les rangs adjacents.

Pour le poivron (*California Wonder*) on observe une baisse de rendement comparé à 2009. Plusieurs facteurs pourraient être invoqués, entre autres : fertilisation ou irrigation inadéquates, effet négatif du précédent de la même famille (tomates 2009), inadaptation du cultivar aux conditions prévalant dans le tunnel en 2011 ?

4.2.2 Les rendements totaux de Saint-Valérien

Rappelons la stratégie de cueillette différente de Saint-Valérien, qui comporte une proportion importante de fruits verts commercialisés après mûrissement en entrepôt. Pour permettre la comparaison avec les données d'autres expériences, nous présenterons aussi les données des fruits colorés, compte-tenu que la pratique de mûrissement de fruits verts en entrepôt n'est pas une pratique généralisée.

On remarque pour les deux années un fort écart de rendement commercialisable entre le tunnel et le champ, démontrant l'effet positif du tunnel. L'écart plus grand observé en 2010 est notamment

Tableau 10 - Les rendements totaux et commercialisables Tunnel et Champ Saint-Valérien 2009							
	Rendements totaux			Rendements commercialisables			
	Rendement total (kg/m ²)	Fruits totaux colorés (kg/m ²)	Taux de rejet	kg/plant	nombre/m ²	kg/m ²	Poids moyen (g/fruit)
Viva Tunnel	9,9	4,5	26,6 %	4,4	81,6	7,2	89
Viva Champ	4,7	0,9	8,9 %	2,6	59,5	4,3	72
Écart Viva Tunnel/Champ	110%	1159%		69%	37%	69%	23%
Big Beef Tunnel	12,6	8,5	21,8 %	6,0	43,5	9,9	227
Big Beef Champ	6,9	0,1	18,5 %	3,4	23,7	5,6	239
Écart Big Beef Tunnel/Champ	81 %	5810%		75%	84%	75%	-5%

Tableau 11 - Les rendements totaux et commercialisables Tunnel et Champ Saint-Valérien 2010							
	Rendements totaux			Rendements commercialisables			
	Rendement total (kg/m ²)	Fruits totaux colorés (kg/m ²)	Taux de rejet	kg/plant	nombre/m ²	kg/m ²	Poids moyen (g/fruit)
Viva Tunnel	11,1	8,8	17,6%	5,5	110,3	9,2	83
Viva Champ	5,2	3,4	31,5%	2,1	46,8	3,5	76
Écart Viva Tunnel/Champ	116%	161%		159%	136%	159%	10%
Big Beef Tunnel	11,8	9,4	15,8%	6,0	43,4	10,0	230
Big Beef Champ	5,9	4,3	50,4%	1,8	12,9	2,9	227,0
Écart Big Beef Tunnel/Champ	100%	115%		240%	235%	240%	1%

imputable aux rejets par la pourriture apicale puis le fendillement pour la *Big Beef* du champ notamment, ainsi que par le meilleur rendement de la *Viva Italia* en tunnel.

L'année 2010 se distingue nettement de 2009 pour le rendement total de fruits colorés, attribuable aux conditions climatiques, à la stratégie de cueillette et, dans le cas du tunnel, aussi à la mise en terre hâtive de plants de meilleure qualité.

Pour les deux années, on ne remarque que peu d'écart entre le tunnel et le champ pour le calibre de la *Big Beef*, tandis que pour la *Viva Italia*, le calibre est nettement supérieur.

Le taux de rejets en tunnel est supérieur à celui du champ en 2009 et inférieur en 2010. La meilleure gestion de l'aération et l'abandon de la cueillette trop tardive a réduit les pertes en tunnel tandis qu'en champ, la mauvaise gestion de l'irrigation combinée à un automne frais et pluvieux a augmenté le taux de rejet.

Il est à noter que le resserrement des interlignes en tunnel^{2,3} de 2009 à 2010 ne s'est pas accompagné de baisse de rendement commercialisable ni d'augmentation du taux de rejet. Le rendement total inférieur en 2010 pour la *Big Beef* a été compensé par le moindre taux de rejet. Il est à noter que la perte de vigueur observée en juillet, qui a requis un complément de fertilisation en août, peut expliquer en partie la baisse de rendement total pour la *Big Beef*; mais ce n'est pas le cas pour la *Viva Italia* qui a de plus subi un stress sérieux (enroulement, nécrose de pétiole, brûlures de fleurs). Au contraire, le rendement total est passé de 9,9 à 11,1 kg/m² et le rendement commercialisable de 7,2 à 9,2 kg/m². Ce rendement commercialisable accru s'est fait par un plus grand nombre de fruits (110,3 vs 81,6 fruits/m²), mais moindre calibre (83 vs 89 g).

4.3 L'effet de bordure

Les données de Sainte-Eulalie ne permettent pas de discuter de ce point, en l'absence de données valables sur le rang du bord, où la production y a été affectée par un problème de drainage. Pour information les données sont présentées au tableau 9 au point 4.2.1. On doit noter que les données des autres rangs indiquent une tendance à un rendement croissant vers le centre mais on ne peut départager l'effet de bord de tunnel de celui de moindre qualité de travail du sol sur le bord.

Les rendements pour Saint-Valérien sont présentés dans les pages suivantes (tableaux 11 et 12). Leur interprétation doit tenir compte des particularités suivantes :

- Les tunnels de 2009 et 2010 étaient orientés de même façon, soit NE-SO.
- Dans les deux cas, le rang du bord était situé sur le flanc sud-est et jouissait d'un meilleur ensoleillement.
- En 2009, le sol dans le rang du bord était plus épais que dans le centre et la situation contraire prévaut en 2010.

² Pour les deux années, le rendement au mètre carré a été calculé sur la même base de 16560 plants /ha.

³ Le resserrement des interlignes peut avoir été compensé par l'amélioration du système de treillis

Tableau 12 -Rendements de chaque placette témoin exprimés en nombre ou kg/m ² Saint-Valérien 2009								
	Nb fruits colorés récoltés	Nb fruits totaux récoltés	Nb fruits totaux Vendus	Poids fruits colorés récoltés	Poids fruits totaux récoltés	Poids fruits totaux vendus	Poids moyen fruits totaux vendus (g)	% Rejet (poids rejeté/ poids cueilli)
Viva Tunnel Bord	65,5	141,2	104,1	5,1	10,5	8,5	81	19,7%
Viva Tunnel Int.	60,1	120,9	84,2	4,8	9,4	7,3	86	22,6%
Viva Tunnel Centre	43,5	123,7	56,5	3,6	9,7	6,0	107	37,9%
Viva Tunnel TOTAL	56,4	128,6	81,6	4,5	9,9	7,2	89	26,6%
Viva Champ Bord	2,4	72,9	63,2	0,2	4,9	4,4	70	9,3%
Viva Champ Int.	5,9	66,2	58,0	0,5	4,5	4,1	71	8,5%
Viva Champ Centre	5,0	67,9	57,3	0,4	4,7	4,3	75	8,8%
Viva Champ TOTAL	4,4	69,0	59,5	0,4	4,7	4,3	72	8,9%
Big Beef Tunnel Bord	47,3	73,1	51,6	10,7	14,7	11,5	223	22,0%
Big Beef Tunnel Int.	34,3	56,1	36,0	7,9	11,8	9,0	249	23,7%
Big Beef Tunnel Centre	39,5	56,3	43,1	7,0	11,3	9,1	212	18,8%
Big Beef Tunnel TOTAL	40,4	61,8	43,5	8,5	12,6	9,9	227	21,6%
Big Beef Champ Bord	0,9	35,2	27,0	0,2	8,3	6,9	255	16,7%
Big Beef Champ Int.	0,9	27,7	23,2	0,2	6,3	5,5	239	12,8%
Big Beef Champ Centre	0,0	30,8	20,8	0,0	6,2	4,5	218	27,1%
Big Beef Champ TOTAL	0,6	31,2	23,7	0,1	6,9	5,6	239	18,6%

Les valeurs des trois témoins sont présentées autant pour le champ que pour le tunnel afin de pouvoir isoler l'effet de ce dernier. Pour tous les paramètres excluant le calibre et le taux de rejet, le rang du bord présente des valeurs supérieures. Le rang intermédiaire présente des valeurs intermédiaires ou inférieures au centre.

Dans le tunnel, les calibres supérieurs sont atteints au centre pour la *Viva* mais dans le rang intermédiaire pour la *Big Beef*. Le taux de rejets croît vers le centre du tunnel pour la *Viva* mais décroît pour la *Big Beef*. Soulignons le fort gradient pour le poids des fruits colorés, nettement plus fort sur le bord que vers le centre pour les deux cultivars dans le tunnel. Le gradient est inverse pour la *Viva* de champ et très faible pour la *Big Beef* mais dans ces deux cas, les nombres en comparaison sont très peu élevés.

Pour la *Viva*, l'écart entre le bord et le centre est beaucoup plus marqué en tunnel qu'au champ. Mais pour la *Big Beef*, c'est au champ que l'écart est le plus fort.

En 2009, il y a ainsi effet de bord comparé au centre, mais le tunnel n'est pas nécessairement en cause. On peut invoquer, pour le bord tant en champ qu'en tunnel, une meilleure luminosité matinale et la moindre compétition latérale. Le précédent cultural, la fertilité et l'épaisseur du sol peuvent avoir agi en synergie pour amplifier l'effet de bord.

**Tableau 13 - Rendements de chaque placette témoin exprimés en nombre ou kg/m²
Saint-Valérien 2010**

	Nb fruits colorés récoltés	Nb fruits totaux récoltés	Nb fruits totaux vendus	Poids fruits colorés récoltés	Poids fruits totaux récoltés	Poids fruits totaux vendus	Poids moyen fruits totaux vendus (g)	% Rejet (poids rejeté/ poids cueilli)
Viva Tunnel Bord	116,4	155,0	119,0	9,2	11,6	9,8	82,0	16,1%
Viva Tunnel Int.	103,4	136,0	107,2	8,4	10,3	8,7	80,8	15,8%
Viva Tunnel Centre	109,1	150,2	104,8	8,9	11,5	9,1	86,7	20,8%
Viva Tunnel TOTAL	109,6	147,1	110,3	8,8	11,1	9,2	83,1	17,6%
Viva Champ Bord	38,8	57,0	42,3	2,9	4,2	3,3	77,9	22,3%
Viva Champ Int.	43,1	69,8	44,5	3,6	4,8	3,1	69,5	35,7%
Viva Champ Centre	47,8	86,3	53,5	3,7	6,4	4,2	78,8	34,4%
Viva Champ TOTAL	43,2	71,1	46,8	3,4	5,2	3,5	75,6	31,5%
Big Beef Tunnel Bord	44,7	58,2	48,0	10,3	12,3	10,8	225,7	12,2%
Big Beef Tunnel Int.	34,5	51,3	39,3	8,7	11,4	9,5	243,1	16,4%
Big Beef Tunnel Centre	40,7	57,0	42,8	9,1	11,7	9,5	222,3	18,9%
Big Beef Tunnel TOTAL	40,0	55,5	43,4	9,4	11,8	10,0	229,8	15,8%
Big Beef Champ Bord	18,0	28,9	11,8	4,3	6,0	2,9	242,5	51,8%
Big Beef Champ Int.	19,4	28,6	12,8	4,2	5,4	2,6	206,2	51,3%
Big Beef Champ Centre	18,9	31,7	14,2	4,6	6,4	3,3	232,8	48,3%
Big Beef Champ TOTAL	18,8	29,7	12,9	4,3	5,9	2,9	227,0	50,4%

En 2010, le sol du bord était nettement moins épais qu'au centre, tant en tunnel qu'en champ et le précédent uniforme. L'effet de bord est positif en tunnel et négatif en champ pour les deux cultivars. Les écarts entre le bord et le centre sont partout bien moins marqués qu'en 2009. Il est possible que l'effet du sol ait partout été facteur de diminution de rendement, au point de supplanter l'effet positif de bord en champ et de le diminuer en tunnel. L'effet de bord serait plus fort en tunnel qu'en champ, assez fort pour masquer l'effet de moindre épaisseur du sol. Ceci demeure une hypothèse qui est complexe à vérifier.

En conclusion, en tunnel, à Saint-Valérien, il y a pour les deux cultivars et pour les deux années un effet positif de bord tandis qu'en champ, le fort effet positif de 2009 devient négatif en 2010, légèrement pour la *Big Beef* et de façon marquée pour la *Viva Italia*.

La moindre compétition latérale ne serait donc pas le seul facteur en cause et on peut soumettre comme facteurs explicatifs :

- la meilleure luminosité sur le bord SE dans un tunnel orienté NE-SO,⁴
- les meilleures conditions de température et d'aération sur le bord SE.

⁴ Les données hors-placettes à Ste-Eulalie, dans un tunnel orienté nord-sud, proposent un rendement croissant vers le centre du tunnel; mais on ne peut départager l'effet de bord du tunnel de celui de la moindre qualité de travail de sol.

4.4 La précocité de la récolte

4.4.1 La précocité de la récolte à Sainte-Eulalie

L'absence de rendement en champ en 2009 et la mise en terre tardive en tunnel ne permettent aucune comparaison pour cette année. Le tableau 14 présente les dates repères pour 2010.

Tableau 14 – Dates repères pour la précocité Sainte-Eulalie 2010			
	Premier fruit mûr	Pic de récolte	Dernière récolte
Florida 47 2010	12 juillet	23 août	25 septembre
Apt 533 2010	02 août	11 septembre	25 septembre
Champ			
Florida 47 2010	20 juillet	n/a	n/a
Apt 533 2010	09 août	n/a	n/a

En 2010, les plants ont été mis en terre le 23 mai en tunnel et dès le 24 mai en champ. Pour les deux cultivars, on observe une date de première récolte plus hâtive de 7-8 jours en tunnel qu'en champ. Les très mauvaises conditions d'entretien en champ nous empêchent d'attribuer cette précocité uniquement à l'effet du tunnel.

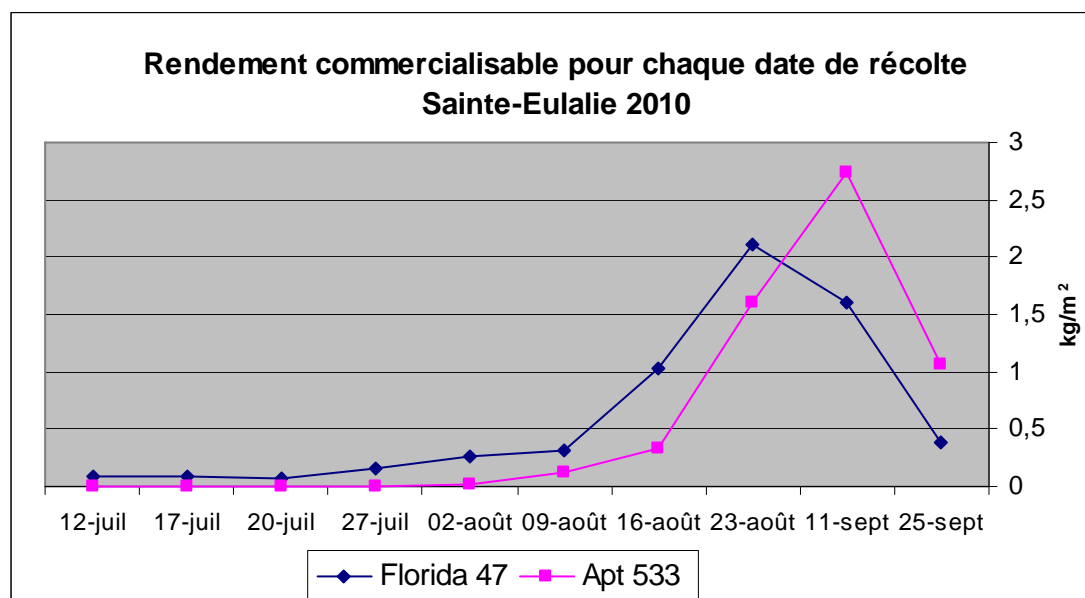


Fig. 5

4.4.2 La précocité de la récolte à Saint-Valérien

En 2009, les plants ont été mis en terre 17 jours plus tôt en tunnel (25 mai) qu'en champ (11 juin). La première récolte en tunnel n'a été devancée que de 8 jours (*Big Beef*) à 12 jours (*Viva*). Il se pourrait que la qualité des plants soit en cause.

Tableau 15 – Dates repères pour la précocité Saint-Valérien 2009			
2009	Premier fruit mûr	Pic de récolte	Dernière récolte
Tunnel			
Viva Italia	15 août	19 septembre	10 octobre
Big Beef	15 août	03 octobre	10 octobre
Champ			
Viva Italia	27 août	6-12 septembre	03 octobre
Big Beef	23 août	6-12 septembre	03 octobre

En 2010, la mise en terre en tunnel a été devancée au 20 mai, soit 21 jours avant le champ (10 juin). En tunnel, la meilleure qualité des plants a permis de réduire de 2 jours le délai plantation-récolte comparé à 2009. En champ, les tomates plantées un jour plus tôt qu'en 2009 ont produit de 8 à 12 jours plus tôt. Il se peut que les températures très chaudes aient été plus bénéfiques au champ, tandis qu'elles étaient excessives en tunnel. Peut aussi être mise en cause la perte de vigueur des plants en tunnel, constatée vers le 20 juillet et qui n'a pu être corrigée progressivement qu'en août. Une autre source de retard peut être liée à la conduite des semis qui se sont manifestés peu génératifs à la première grappe, particulièrement pour la *Big Beef*.

Tableau 16 – Dates repères pour la précocité Saint-Valérien 2010			
2010	Premier fruit mûr	Pic de récolte	Dernière récolte
Tunnel			
Viva Italia	08 août	4-11 septembre	4 octobre
Big Beef	08 août	28 août	4 octobre
Champ			
Viva Italia	15 août	11 septembre	18 septembre
Big Beef	15 août	4 septembre	18 septembre

Les graphiques des deux pages suivantes comparent les rendements de chaque récolte pour chacune des deux années.

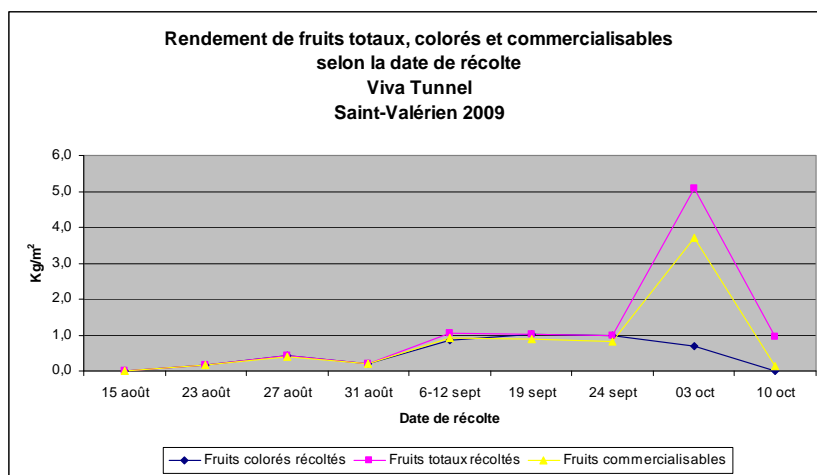


Fig. 6

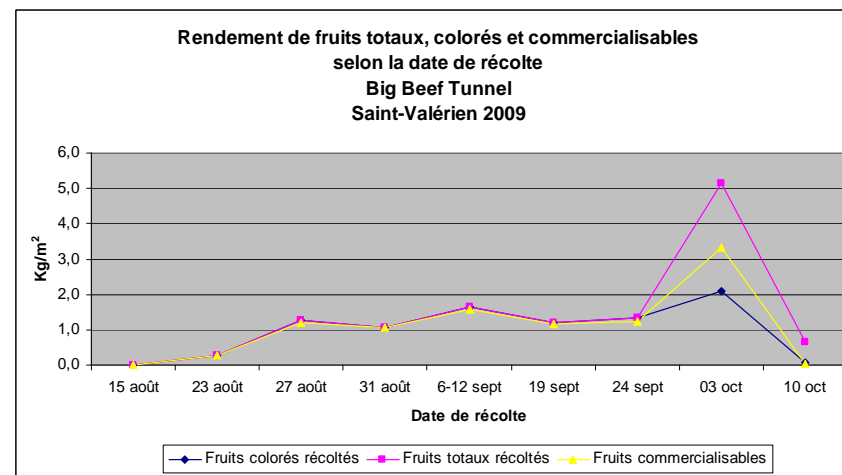


Fig. 7

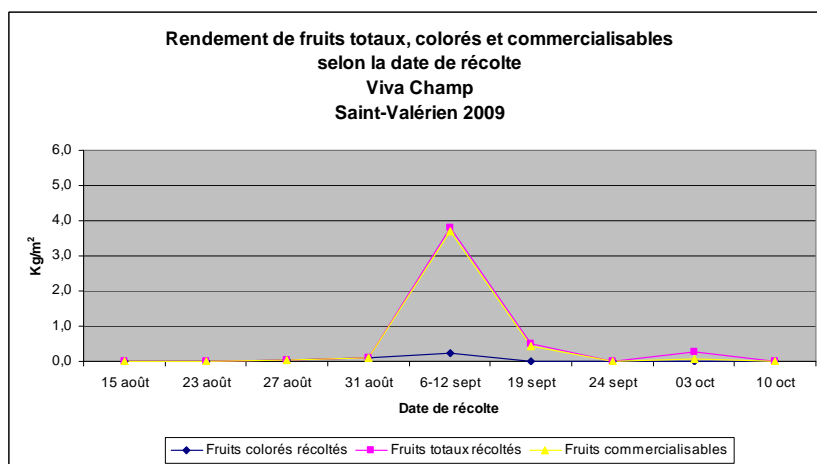


Fig. 8

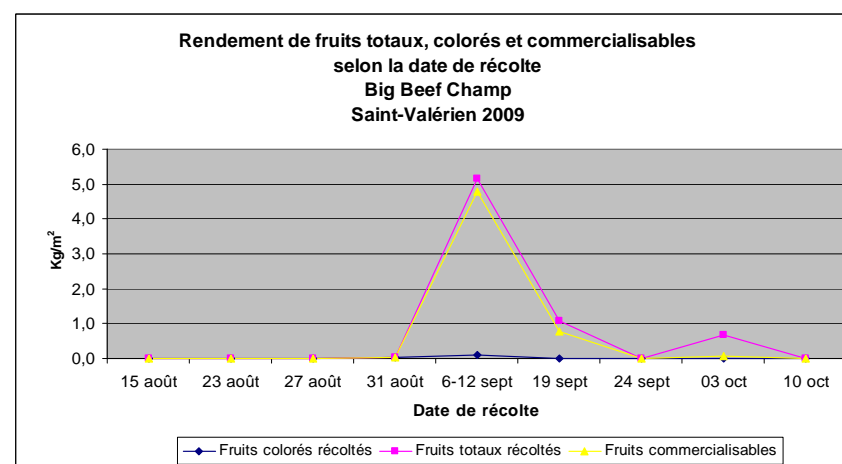


Fig. 9

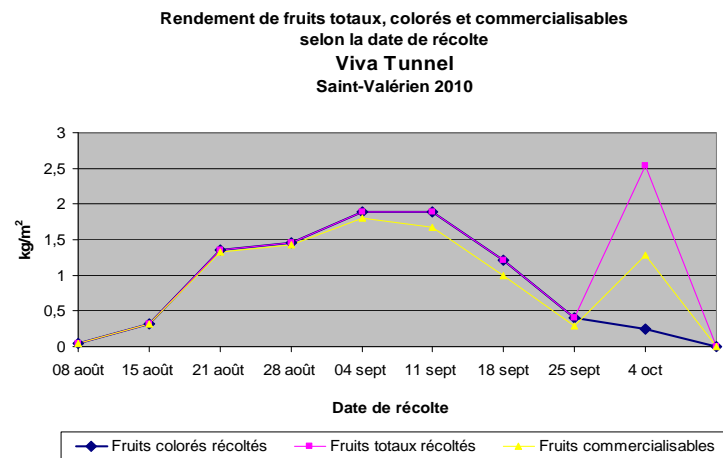


Fig. 10

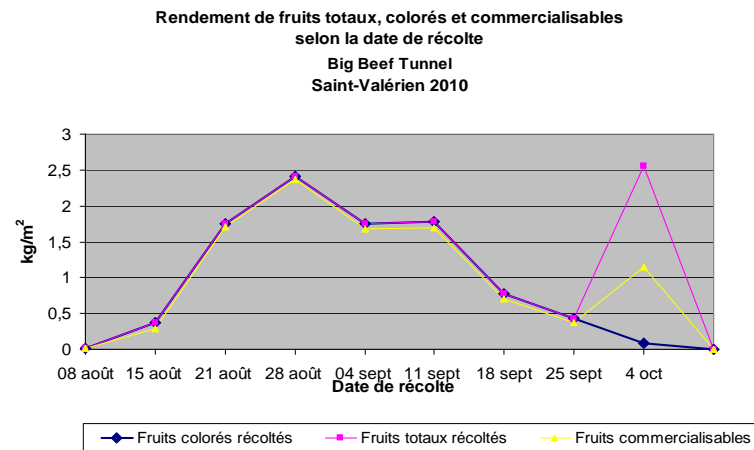


Fig. 11

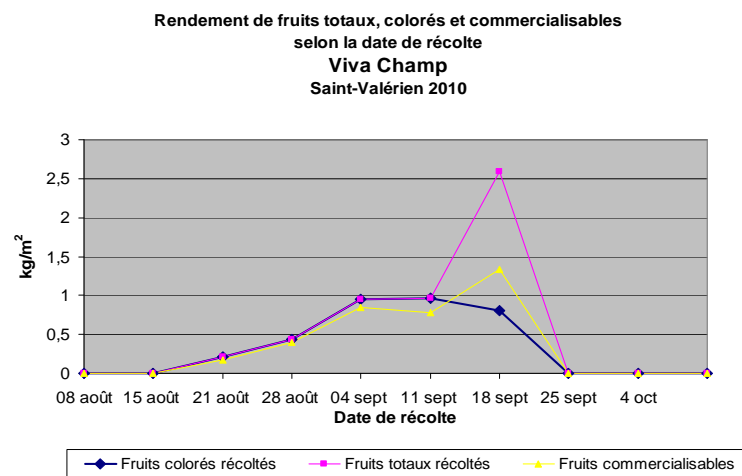


Fig. 12

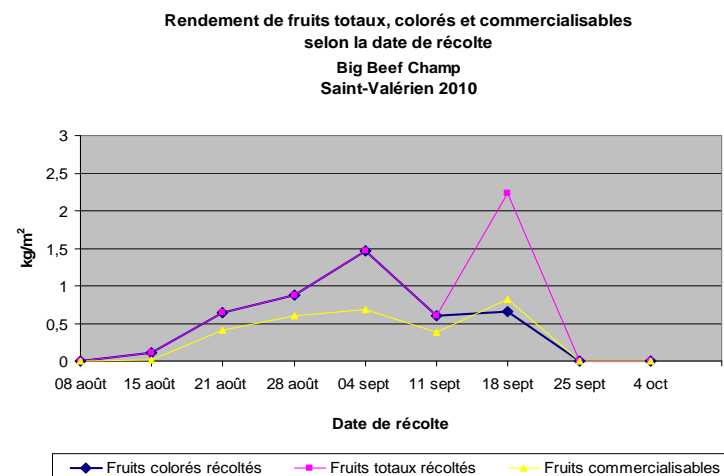


Fig. 13

Pour le site de Saint-Valérien, les graphiques expriment clairement que la précocité n'est pas que le fait de la date de première récolte, mais plutôt de l'atteinte plus hâtive d'un certain rendement des récoltes.

En 2009, la plus grande partie des fruits a pu être récoltée tout au long de la saison en tunnel tandis qu'en champ, ce fut le fait des récoltes en vert du 6 et du 13 septembre.

En 2010, en conditions plus favorables, les récoltes cumulées en cours de saison ont été supérieures à la récolte finale tant en champ qu'en tunnel, mais en tunnel les plus forts rendements commercialisables ont été obtenus en août.

Les tableaux 17 et 18 illustrent l'avantage du tunnel mesuré selon le pourcentage de fruits colorés. En 2009, saison réputée maussade, le tunnel a eu un très fort effet. Très peu de fruits colorés ont pu être récoltés du champ. En 2010, de climat très chaud et ensoleillé, l'effet du tunnel est moins marqué : les meilleures conditions ont permis une nette augmentation du pourcentage de fruits colorés en champ.

Tableau 17- Précocité du mûrissement – Saint-Valérien 2009			
Exprimé en poids et en pourcentage de fruits colorés			
<i>(Incluant les fruits commercialisables ET les fruits rejetés)</i>			
	Fruits colorés (kg/m²)	Fruits récoltés colorés ou non (kg/m²)	% fruits colorés
Viva Tunnel	4,51	9,87	46%
Viva Champ	0,36	4,70	8%
Écart Viva Tunnel/Champ	1159%	110%	500%
Big Beef Tunnel	8,53	12,58	68%
Big Beef Champ	0,14	6,94	2%
Écart Big Beef Tunnel/Champ	5810%	81%	3160%

Tableau 18 - Précocité du mûrissement - Ferme Val-aux-Vents 2010			
Exprimé en poids et en pourcentage de fruits colorés			
<i>Incluant les fruits commercialisables ET les fruits rejetés)</i>			
	Fruits colorés (kg/m²)	Fruits récoltés colorés ou non (kg/m²)	% fruits colorés
Viva Tunnel	8,8	11,1	79%
Viva Champ	3,4	5,2	65%
Écart Viva Tunnel/Champ	161%	116%	21%
Big Beef Tunnel	9,4	11,8	79%
Big Beef Champ	4,3	5,9	73%
Écart Big Beef Tunnel/Champ	115%	100%	8%

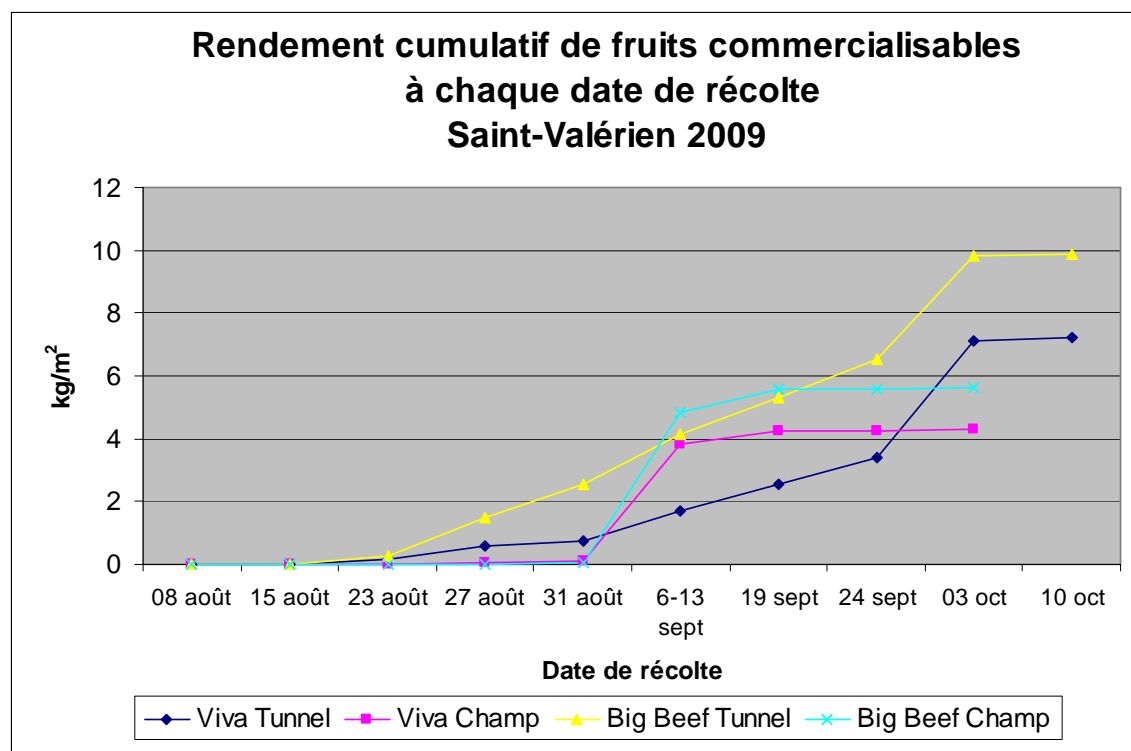


Fig. 14

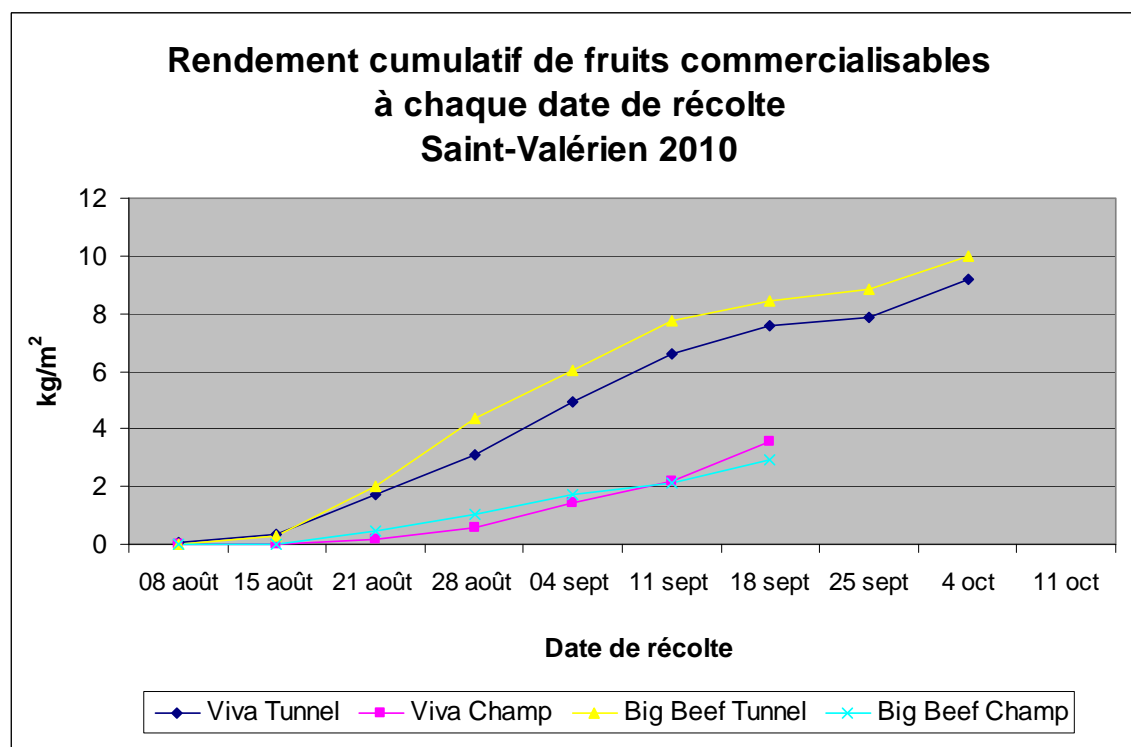


Fig. 15

Les graphiques de rendements cumulatifs (Fig. 14 et 15) illustrent bien l'effet du tunnel en deux années de climat bien différent. Le rendement a été croissant en 2009, les avant-dernières récoltes contribuant fortement au rendement total; les plateaux de fin de saison sont dus à des récoltes non-productives (haut taux de rejet).

En 2010, en tunnel, le plus fort rendement a été atteint tôt en saison et les dernières récoltes montrent un fléchissement du rendement, tandis qu'en champ, le rendement, quoique moindre, a été assez stable, sinon une légère accélération à la récolte finale. Dans les deux cas, on remarque l'absence de plateaux de fin de saison dus à l'abandon de récoltes tardives et non-productives.

4.5 L'état phytosanitaire des cultures

Il n'y a pas de données comparatives pour Sainte-Eulalie pour évaluer l'effet du tunnel sur la santé des cultures, en raison de l'abandon des cultures en champ en 2009 et de leur très mauvais entretien en 2010.

Les données obtenues à Saint-Valérien doivent être interprétées dans le contexte où une forte proportion des fruits a été cueillie à l'état vert pour mûrissement en entrepôt.

Tableau 19 - Incidence des facteurs de rejet - Ferme Val-aux-Vents 2009							
Exprimée en pourcentage des fruits récoltés							
	% de rejets	Face de chat	Pourriture apicale	Moisissure grise	Mildiou	Autres pourritures	Autre
Viva Tunnel	26,6%	0,0%	0,4%	4,6%	3,8%	0,5%	17,3%
Viva Champ	8,9%	0,0%	0,7%	1,1%	0,6%	0,4%	6,1%
Big Beef Tunnel	21,8%	0,0%	0,4%	11,5%	2,3%	0,5%	7,1%
Big Beef Champ	18,6%	4,4%	2,4%	1,0%	5,3%	1,6%	4,0%

Tableau 20 - Incidence des facteurs de rejet - Ferme Val-aux-Vents 2010							
Exprimée en pourcentage des fruits récoltés							
	% de rejets	Face de chat	Pourriture apicale	Moisissure grise	Mildiou	Autres pourritures	Autre
Viva Tunnel	17,6%	0,0%	0,0%	1,4%	0,0%	2,2%	13,9%
Viva Champ	31,5%	0,1%	1,3%	0,2%	0,0%	4,0%	25,9%
Big Beef Tunnel	15,8%	1,1%	0,0%	9,3%	0,0%	0,2%	5,1%
Big Beef Champ	50,4%	5,4%	20,6%	0,6%	0,0%	1,0%	22,9%

En 2009, le taux de rejets fut supérieur en tunnel qu'au champ et ce tout particulièrement pour la *Viva*. Ceci est principalement attribuable à la catégorie Autre qui inclut entre autres les problèmes dus à l'exposition au froid, engendrés par des dates trop tardives de dernière récolte.

On note aussi l'incidence de la moisissure grise en tunnel, particulièrement sur la *Big Beef*. Le mildiou, quoique présent, a causé moins de dommages que craints, malgré le climat qui lui était favorable.

En 2010, le taux de rejets a diminué en tunnel en raison de l'avancement de la date de dernière récolte (moins d'exposition au froid), de l'absence de mildiou et à la moindre incidence de la moisissure grise. Ce dernier cas peut être attribuable à une meilleure aération (ventilation aux extrémités, système de treillis amélioré). Le taux de rejets a augmenté au champ. L'irrigation déficiente est en cause pour la pourriture apicale (*Big Beef*) et le climat maussade (très frais et très humide) de septembre explique le fort taux de la catégorie *Autre* pour les deux variétés.

L'examen des tableaux de rendement selon les dates de récolte fait ressortir que les rejets sont principalement concentrés aux récoltes finales dans tous les cas, sauf pour la *Big Beef* Champ 2010 où les rejets pour cause de pourriture apicale sont manifestes dès les premières récoltes.

Photo 6 -Production en tunnel – Saint-Valérien – 22 juillet 2010 Viva Italia au premier plan, Big Beef en arrière plan



5- Aperçu technico-économique

Les données de Sainte-Eulalie ne permettent pas de faire de comparaison utiles entre le champ et le tunnel. Toutefois, on doit retenir que dans deux années au contexte difficile, il a été possible d'obtenir une récolte de tomates en tunnel, dont le rendement fut appréciable en 2010.

Les données de Sainte-Eulalie furent présentées à madame Johanne Vary, agroéconomiste, MAPAQ Centre-du-Québec. Voici ses commentaires :

Aperçu technico-économique pour Sainte-Eulalie

Étant donné l'information obtenue sur le site de St-Eulalie, il est très difficile de se prononcer sur une analyse économique avec des objectifs de comparaison champs-tunnel. Mais si on regarde les rendements obtenus, on peut quand même dire que sous tunnel, il y a eu augmentation par rapport à des rendements moyens qui tournent autour de 25 t/ha en champ (budget CRAAQ 2007). En effet, sur le site St-Eulalie, on a observé des rendements de 42t/ha et 46t/ha sur Florida et Apt 533 en 2009 et en 2010 et des rendements de 79t/ha et 74 t/ha. De plus, les dates de premier murissement sont devancées sous tunnel et les dates de fin de récolte sont plus tard sous tunnel.

Or, considérant que :

Le site de St-Eulalie n'a pas été bien entretenu due à un manque de main-d'œuvre, que le site ne drainait pas suffisamment, les rendements se sont avérés très moyens.

Compte tenu de ces considérations, il y a eu quand même augmentation de rendements par rapport aux rendements moyen du Québec (CRAAQ-2007) pour 2009 et 2010;

Donc, si on obtiendrait encore de meilleurs rendements sous tunnel, il aurait été possible d'affirmer que les coûts du tunnel se rentabilisent après quelques années et que produire sous tunnel obtiendrait une meilleure note qu'au champ sous autres considérations.

Johanne Vary, agronome

MAPAQ

Direction régionale Centre-du-Québec

Pour le site de Saint-Valérien, les données complètes (voir Annexe B) furent présentées à madame Sylvie Raymond, agroéconomiste au MAPAQ de Rivière-du-Loup.

Voici le résultat intégral de son analyse :

PROJET TOMATES EN GRAND TUNNEL

SOUS RÉGIE BIOLOGIQUE

FERME VAL-AUX-VENTS, SAINT-VALÉRIEN-DE RIMOUSKI

Coût de construction des tunnels de 130,43 m²

	2009	2010
Structure (installation comprise) ⁵ (36,49 \$/m ² ou 3,40 \$/p ²)	4 730\$	4 514\$
Plastique - matériel	254\$	309\$
-main d'œuvre	301\$	364\$

Dans ce projet on voulait entre autres vérifier si l'effet des grands tunnels sur les rendements en justifiait le coût. Pour répondre à cette interrogation, il faut d'abord établir le coût de possession d'un tunnel.

On peut estimer les frais annuels de possession d'un bien selon sa vie économique. Le DIRTa calculé en pourcentage du coût de remplacement à neuf sert à établir cette estimation.

D (dépréciation) : correspond à la durée de vie du bien.

I (intérêt) : correspond au taux d'intérêt auquel on peut prêter son argent à moyen terme. On applique un demi-taux pour tenir compte de la dépréciation au fil des ans

R (réparation) : coût des réparations

T (taxes) : municipales et scolaires

A (assurances) : coût des assurances sur le bien

Pour le projet, le DIRTa est de 817 \$ pour 2009 et de 945 \$ pour 2010. C'est donc le coût annuel de possession d'un grand tunnel de 130,43 m² selon les données de ce projet (achat, installation et main d'œuvre). La différence entre les deux années réside principalement dans le coût du plastique et de son installation plus dispendieuse la deuxième année.

⁵ On estime que la structure installée a une durée de vie de 15 ans

Il est à noter que des treillis permanents ont été installés la deuxième année ce qui devrait diminuer les coûts annuels de pose de poteaux et de treillis.

Pour le plastique, si on considère une durée de vie de 3 ans plutôt que 2, le DIRTa diminue de 50 \$ en moyenne augmentant du même montant la marge. Au niveau de la structure, si on considère une durée de vie de 10 ans plutôt que 15, le DIRTa augmente de 125 \$ ce qui aurait pour effet de diminuer la marge d'autant.

RÉSULTATS 2009

	<i>Champ</i>	<i>Tunnel</i>	<i>Tunnel vs champ</i>
<i>Viva poids moyen/tomate (g)</i>	68	77	+13%
<i>poids total fruits récoltés</i>	307	644	+110%
<i>poids total fruits vendus</i>	280	470	+68%
<i>Big Beef poids moyen/tomate (g)</i>	222	204	- 7%
<i>poids total fruits récoltés</i>	453	821	+81%
<i>poids total fruits vendus</i>	468	644	+38%

Le nombre et le poids total des tomates en tunnel ont été plus élevés qu'en champ mais les rejets ont aussi été plus importants. Le ratio tomate vendue/récoltée a été plus élevé en champ (85%) qu'en tunnel (76%) principalement au niveau de la variété Viva. Ceci s'explique par des rejets plus élevés dus en majorité à l'exposition au froid et à la moisissure grise en tunnel.

	<i>Champ</i>	<i>Tunnel</i>	<i>Tunnel vs champ</i>
<i>Recettes³</i>	1855\$	3 192\$	+72%
<i>Coût main d'œuvre</i>	630\$	1 517\$	+141%
<i>DIRTa</i>		817\$	
<i>Marge</i>	1 225\$	862\$	-30%

³Prix tomate : Viva 2,639 \$/kg; Big Beef 3,029 \$/kg

Pour 2009, la culture de tomates en grand tunnel semble moins intéressante financièrement mais il s'agit d'une première année qui plus est, fut difficile au niveau du climat. Ce mode de culture demande une adaptation au niveau de la régulation de culture.

RÉSULTATS 2010

	<i>Champ</i>	<i>Tunnel</i>	<i>Tunnel vs champ</i>
<i>Viva poids moyen/tomate (g)</i>	76	83	+9%
<i>poids total fruits récoltés</i>	336	726	+116%
<i>poids total fruits vendus</i>	230	598	+160%
<i>Big Beef poids moyen/tomate (g)</i>	227	230	+1%
<i>poids total fruits récoltés</i>	386	772	+100%
<i>poids total fruits vendus</i>	191	650	+240%

En 2010, la rentabilité moindre en champs est due principalement à la pourriture apicale et au fendillement.

	<i>Champ</i>	<i>Tunnel</i>	<i>Tunnel vs champ</i>
<i>Recettes³</i>	1240\$	3 693\$	+ 98 %
<i>Coût main d'œuvre</i>	981\$	1 910\$	+ 195 %
<i>DIRTA</i>		945\$	
<i>Marge</i>	259\$	838\$	+ 224 %

³Prix tomate : Viva Italia : 2,808 \$/kg; Big Beef : 3,064 \$/kg

Il est surtout intéressant ici de voir que la marge en tunnel demeure relativement la même qu'en 2009. Il faut mentionner que le projet s'est déroulé sur deux années avec des conditions climatiques difficiles et totalement opposées. On peut penser que dans un contexte climatique relativement normal, les résultats seraient supérieurs.

La question demeure toutefois, est-ce que le rendement supérieur en tunnel en justifie le coût ? Les résultats obtenus nous permettent de voir des rendements supérieurs mais qui ne sont pas suffisants compte tenu des dépenses engendrées. Or comme nous avons eu, un contexte climatique particulier qui a rendu l'adaptation à cette régie de culture plus difficile il est malaisé de conclure sur ces deux années de projets. De plus, la production sous tunnel apporte des avantages plus difficiles à évaluer économiquement mais qui sont non négligeables tels l'arrivée plus hâtive du produit sur le marché, sa qualité supérieure ainsi qu'un meilleur contrôle de la production. Ce sont des avantages qui permettent de considérer un tel investissement. Néanmoins on peut affirmer que le contrôle des coûts de la main d'œuvre et des investissements demeure un facteur important de rentabilité.

Sylvie Raymond, agroéconomiste
MAPAQ- Rivière-du-Loup

Résumé et conclusion

L'objectif premier du projet était de comparer les rendements de la culture de poivrons et de tomates en régie biologique en tunnel et en champ. Le projet, mené sur deux années (2009 et 2010) et sur deux sites (Sainte-Eulalie et Saint-Valérien-de-Rimouski) voulait aussi comparer l'effet du tunnel sur la température du sol et de l'air au bord et au centre du tunnel, comparer l'incidence des maladies et désordres physiologiques et, enfin, évaluer la rentabilité de produire en tunnel de type individuel.

L'expérience de culture de poivrons à Saint-Eulalie étant un échec, l'essentiel des interprétations concernera les données de température et de rendements pour la tomate.

Les données de température font ressortir des constances pour les deux sites et les deux années :

- L'effet du tunnel sur la température de l'air est plus marqué sur les maxima que sur les minima.
- L'effet du tunnel est plus marqué sur la température maximale de l'air que sur la température maximale du sol.
- L'effet du tunnel est plus marqué sur la température minimale du sol que sur la température minimale de l'air.
- L'effet du tunnel sur la température du sol est plus fort au centre que sur le bord pour les maxima et, dans trois cas sur 4, pour les minima (l'exception étant Saint-Valérien 2010).
- En 2010, l'effet du tunnel sur la température moyenne du sol est plus important en début et en fin de saison qu'en juillet et août. C'est aussi le cas pour les températures minimales de l'air, à l'exception de Sainte-Eulalie en mai.

Le tunnel de Sainte-Eulalie était orienté Nord-Sud et mesurait 120 pieds par 25 pieds. Les deux tunnels de Saint-Valérien mesuraient 56 pieds par 25 pieds et étaient orientés NE-SO. Les différences entre les deux sites pour l'orientation et le volume des tunnels, les températures extérieures, le type de sol, le développement des cultures et la gestion de la ventilation peuvent être des facteurs des **dissemblances suivantes** :

- Le tunnel de Sainte-Eulalie a beaucoup plus d'effet sur la température minimale de l'air que ceux de Saint-Valérien-de-Rimouski.
- À Saint-Valérien-de-Rimouski, l'effet du tunnel sur la température de l'air maximale est plus fort sur le centre que sur le bord et c'est l'inverse pour les températures minimales (effet contraire à Sainte-Eulalie)

Les rendements pour la tomate à Sainte-Eulalie en tunnel ne peuvent être comparés à ceux du champ. Les rendements obtenus en 2009 malgré une mise en terre tardive (14 juin) ont été de 5,87 kg/m² pour *Florida 47* (Beef, dét.) et de 5,25 kg/m² pour la *Apt 533* (italienne, dét.). En 2010, une mise en terre plus hâtive et de meilleures conditions climatiques ont permis d'élever ce rendement à 7,98 kg/m² (*Florida 47*) et 7,43 kg/m² (*Apt 533*). Il faut noter que le premier fruit mûr de *Florida 47* a pu être récolté le 12 juillet en 2010 et que la quasi-totalité des fruits ont pu être récoltés à l'état mûr.

Les rendements pour Saint-Valérien-de-Rimouski démontrent pour chacune des deux années un plus fort rendement en tunnel qu'en champ, de l'ordre de 75 % (2009) et de 240 % (2010) pour la *Big Beef* et, pour la *Viva Italia*, de 69% (2009) et 159 % (2010). Le rendement en tunnel a été constant pour la *Big Beef* (9,9 et 10,0 kg/m²) tandis que pour *Viva Italia*, il a été augmenté de 7,2 à 9,2 kg/m². L'écart de rendement supérieur, en le champ et le tunnel en 2010, s'explique surtout par la moindre production en champ, notamment pour la *Big Beef* (pourriture apicale) et par la réduction des rejets en tunnel. Cette réduction peut être le résultat combiné d'une meilleure aération (ventilation et conduite sur treillis), de la mise en terre plus hâtive (21 vs 25 mai), d'un été beaucoup plus ensoleillé et du devancement de la date de la récolte finale.

L'effet de bordure en tunnel à Saint-Valérien-de-Rimouski a été positif pour le rendement les deux années. L'effet plus fort en 2009 peut être imputé au fait d'un sol localement plus épais au bord qu'au centre, situation inverse à 2010. L'observation d'un effet de bordure au champ en 2009 limite le rôle imputable au tunnel en soi. L'orientation NE-SO favorise une meilleure luminosité sur le rang du bord. Les données du tunnel de Sainte-Eulalie, orienté Nord-Sud, suggèrent un effet négatif de bord du tunnel mais la moindre qualité du travail du sol sur les rangs du bord pose limite à telle interprétation.

La précocité de la récolte à Saint-Valérien-de-Rimouski montre en 2009 un effet positif de 8 jours (*Big Beef*) et de 12 jours (*Viva*) et, en 2010, de 7 jours pour les deux cultivars. Les données de rendement par date de récolte montrent que la précocité s'exprime plutôt par la date d'atteinte de bons rendements. Les deux années, en tunnel, plus de fruits commercialisables ont été cueillis tout au long de la saison qu'à la dernière récolte tandis qu'en champ, les plus fortes quantités proviennent des récoltes en vert. Ce fait est soutenu par l'examen de la proportion des fruits colorés. En 2009, 68 % des *Big Beef* et 46 % des *Viva Italia* récoltées dans le tunnel étaient colorées tandis que, dans le champ, le taux était de 2 % et 8 %. En 2010, le taux fut de 79 % pour les deux cultivars en tunnel et de 73 % (*Big Beef*) et de 65 % (*Viva Italia*).

L'incidence des facteurs de rejets à Saint-Valérien-de-Rimouski fut plus importante dans le tunnel qu'en champ en 2009 et ce fut l'inverse en 2010.

En champ en 2009, il y eut peu de rejet (18,5 % *Big Beef* et 8,9 % *Viva Italia*) malgré le climat maussade et la présence de mildiou. Une mauvaise gestion de l'irrigation et un mois de septembre frais et humide en 2010 ont fait grimper ces taux à 50,4 % (*Big Beef*) et 31,5 % (*Viva Italia*).

En tunnel en 2009, l'exposition au froid des fruits cueillis trop tard, la présence de moisissure grise et de mildiou ont donné un taux de rejets de 21,8 % pour *Big Beef* et de 26,6 % pour

Viva Italia. En 2010, la précocité du rendement, la dernière récolte plus hâtive, une meilleure gestion de l'aération (ventilation et système de treillis) ont contribué à abaisser les taux à 15,8% et 17,6%.

L'examen des tableaux de rendement selon les dates de récolte fait ressortir que les rejets sont principalement concentrés aux récoltes finales dans tous les cas, sauf pour la *Big Beef* Champ 2010 où les rejets pour cause de pourriture apicale sont manifestes dès les premières récoltes. Sauf en ce cas, le taux de rejet de fruits colorés est demeuré très bas, tant en champ qu'en tunnel.

L'étude des données technico-économiques de Saint-Valérien-de-Rimouski, menée par Sylvie Raymond, soulève la question de la rentabilité de produire en tunnel plutôt qu'au champ. La marge en tunnel demeure relativement la même pour les deux années, le rendement supérieur de 2010 étant absorbé par les frais de main d'œuvre accrus. La marge en champ a été supérieure au tunnel en 2009 et inférieure en 2010.

Il semble clair que la marge de la production en tunnel pourrait être améliorée : climat moins inclément que celui observée en 2009 et 2010, améliorations à la régie de culture⁶, augmentation du prix de vente (qui est plus bas que la moyenne régionale dans ce cas), diminution des coûts de construction et d'opération sont autant d'avenues à explorer. Le tunnel comporte aussi un avantage qui n'est pas seulement financier : il permet le contrôle, la précocité et la fiabilité de la production, tant en qualité que quantité, ainsi qu'une meilleure planification des ventes, ce que le champ ne permet pas.

Nos observations et essais menées en 2009 et 2010 appuient l'affirmation que les tunnels individuels sont bénéfiques au rendement de la culture des tomates et suggèrent fortement que le développement de régies appropriées devrait en faire croître substantiellement l'efficacité dans un avenir prochain, à l'instar des progrès observés en serriculture durant les dernières décennies.

⁶ La régie en tunnel peut être améliorée entre autres par : l'identification de cultivars plus adaptés à l'environnement des tunnels, la production et l'usage de plants plus génératifs, l'optimisation de la densité de plantation, une plantation plus hâtive, l'usage de bâches flottantes et de paillis plastique, une régie distincte de l'irrigation selon les cultivars, la brumisation lors des canicules, un suivi plus minutieux de la fertilité effective des sols, la taille des fleurs en août, etc.

Annexe A

Rapports du laboratoire de diagnostic phytosanitaire.

Ferme Val-aux-Vents, Saint-Valérien-de-Rimouski

21 juillet 2009

Confirmation de pythium (Pourridié) dans 3 plants de tomates *Viva Italia* (tunnel), prélevé le 3 juillet 2009.

18 septembre 2009

Confirmation du mildiou (champ), prélevé le 10 septembre.

09 octobre 2009

Confirmation de moisissure grise sur la *Big Beef* (tunnel), prélevé le 27 septembre.

29 juin 2010

Prélèvement de feuilles sur *Viva Italia* en tunnel (négatif).

12 juillet 2010

Prélèvement d'un plant complet du même plant de *Viva Italia* (tunnel).

Rapport complet en page suivante.

22 août 2010

Confirmation moisissure grise (botrytis) sur *Big Beef* (tunnel), prélevé le 15 août.

Rapport concernant le plant complet de Viva Italia (tunnel) envoyé le 12 juillet.

Dossier 10-7085

Fiche : P10-2443

Réception de l'échantillon : 2010-07-14

NATURE ET ÉTAT DE L'ÉCHANTILLON

Un plant entier de tomate dans un sac de plastique. Présence de sol minéral.

INFORMATIONS PERTINENTES MENTIONNÉES PAR LE CLIENT

Remarques : Suite de l'échantillon 10-2443.

DESCRIPTION DES SYMPTÔMES

Symptômes rapportés par le client :

Aucun.

Symptômes observés au laboratoire :

Plusieurs feuilles sont enroulées sur elle-même et sont plutôt cassantes.

Anomalie de coloration brunâtre à noirâtre sur la face inférieure des feuilles, retrouvée de façon aléatoire et semble occasionnellement traverser la feuille.

Brûlure de quelques pétioles.

Les folioles près des brûlures se sont assez détériorées.

Collet sans symptôme apparent.

Racines blanchâtres.

DIAGNOSTIC PARTIEL (2010-07-20)

Résultat des tests :

Salinité et pH du substrat mesurés respectivement à 0,3 mS/cm et 6,6 (mode standard par dilution 2 :1).

Diagnostic : La salinité et le pH semblent adéquats. Nous suspectons un désordre minéral. Nous allons faire effectuer des analyses minérales à partir des tissus de la plante. Ce type d'analyse est effectué dans un autre laboratoire. Veuillez allouer 1 à 2 mois avant l'obtention des résultats. Surveillez si des symptômes du même ordre apparaissent sur les fruits des plants affectés.

DIAGNOSTIC FINAL (2011-01-24)

Diagnostic : L'analyse minérale effectuée à partir des feuilles de tomates ne nous a pas donné de résultats concluants concernant ce dossier. Nous avons consulté trois références différentes pour valider si les résultats étaient dans des intervalles adéquats. La plupart des éléments minéraux testés sont présents en quantité convenable dans la plante. Le seul élément qui dépassait largement l'intervalle acceptable est le fer avec une présence de 599 ppm. La plupart des références nous indiquent que cet élément devrait se situer entre 60 et 300 ppm, mais une seule fait mention que cet élément devient toxique à des proportions supérieures à 1000 ppm. Les symptômes observés ne sont pas caractéristiques d'une toxicité en fer donc nous ne pouvons pas conclure que cet élément est en lien avec la cause des symptômes. Nous ne pourrions pas préciser davantage le diagnostic.

Denis Morais, agronome-phytopathologiste

418 643-5027, poste 2726

Denis.Morais@mapaq.gouv.qc.ca

Annexe B Tableaux technico-économiques

3.1.1.3 Tableau des données technico-économiques Saint-Valérien 2009

Note : les temps de travail indiqués n'incluent pas 60 heures consacrées au tri en entrepôt				
Il est difficile d'attribuer une valeur exacte au tri des tomates en champ et en tunnel				
	Champ		Tunnel	
	Heures	\$	heures	\$
Coût du tunnel				
Structure (excluant les tensiomètres)				3423,48
Structure main d'œuvre			93,25	1305,5
Plastique				253,88
Plastique main d'œuvre			18	252
Enlèvement plastique (m.o.)			3,5	49
Coût m.o. (temps + salaire)				
Nombre d'heure fertilisation et rotoculteur	2,75	38,5	2,75	38,5
Nombre d'heures plantation	11	154	22,5	315
Nombre d'heures entretien	15,95	203	39,95	545,3
Nombre d'heures récolte	12,85	179,9	34,33	480,62
Nombre d'heures irrigation	5,65	54,83	9,8	137,2
Nombre de plants en culture	216		216	
Nombre de plants en production	216		216	
Date de plantation	11-juin		25-mai	
Date 1ères fleurs fermées	24-juin		06-juin	
Date 1ères fleurs ouvertes	27-juin		12-juin	
Date 1er mûrissement Viva	23-août		15-août	
Date 1er mûrissement Big Beef	27-août		15-août	
Date 1ers fruits récoltés Viva	23-août		15-août	
Date 1ers fruits récoltés Big Beef	27-août		15-août	
Date derniers fruits récoltés (Viva et Big Beef)	03-oct		10-oct	
Nombre plants/m2 transplantés	1,656		1,656	
Nombre plants/m2 à la fin (témoins)	1,656		1,656	
	Champ	Champ	Tunnel	Tunnel
	Viva	Big Beef	Viva	Big Beef
Superficie récoltée (m ²)	65,215	65,215	65,215	65,215
Superficie plantée (m ²)	65,215	65,215	65,215	65,215
Prix unitaire (uniforme toute la saison) (\$)	2,639/kg	3,029/kg	2,639/kg	3,029/kg
Valeur de la production par variété (\$)	738,05	1115,68	1247,17	1949,83
Nombre de fruits récoltés	4500,00	2036,57	8388,00	4032,00
Nombre de fruits vendus	3877,71	1542,86	5322,86	2838,86
Poids des fruits récoltés (kg)	306,82	452,70	643,63	820,72
Poids des fruits vendus (kg)	279,67	368,33	472,59	643,72
Poids moyen des fruits récoltés (kg)	0,068	0,222	0,077	0,204
Poids moyen des fruits vendus (kg)	0,072	0,239	0,089	0,227
Rendement (fruits vendus) (kg/hectare)	42 884,09	56 479,56	72 466,85	98 707,53

Tableau des données technico-économiques Saint-Valérien 2010

Note : les temps de travail indiqués n'incluent pas 40 heures consacrées au tri en entrepôt

Il est difficile d'attribuer une valeur exacte au tri des tomates en champ et en tunnel

	Champ		Tunnel	
	heures	\$	heures	\$
Coût du tunnel				
Structure (excluant les tensiomètres)				3229,05
Structure main d'œuvre (voir note 1)			96,3	1348,2
Plastique				308,7
Plastique main d'œuvre (notes 2 et 4)			22,5	315
Enlèvement plastique (m.o.) (note 5)			2,5	35
Coût m.o. (temps + salaire)				
Nbre d'heure fertilisation et rotoculteur (note 3)	3,5	49	12,5	175
Nbre d'heures plantation	9	126	20	280
Nbre d'heures entretien (Note 6)	37,5	525	60	840
Nbre d'heures récolte	17,5	245	31	434
Nbre d'heures irrigation	2,60	36,4	12,9	180,6
Nbre de plants en culture	216		216	
Nbre de plants en production	216		216	
Date de plantation	10-juin		20-mai	
Date 1ères fleurs fermées	13-juin		22-mai	
Date 1ères fleurs ouvertes	20-juin		05-juin	
Date 1er mûrissement Viva	15-août		08-août	
Date 1er mûrissement Big Beef	15-août		08-août	
Date 1ers fruits récoltés Viva	15-août		08-août	
Date 1ers fruits récoltés Big Beef	15-août		08-août	
Date derniers fruits récoltés (Viva et Big beef)	18-sept		04-oct	
Nbre plants/m2 transplantés	1,656		1,656	
Nbre plants/m2 à la fin (témoins)	1,656		1,656	
	Champ	Champ	Tunnel	Tunnel
	Viva	Big Beef	Viva	Big Beef
Superficie récoltée (m ²)	65,215	65,215	65,215	65,215
Superficie plantée (m ²)	65,215	65,215	65,215	65,215
Prix unitaire (uniforme toute la saison)	2,808/kg	3,029/kg	2,808/kg	3,099/kg
Valeur de la production par variété	647,09	593,36	1678,45	2014,65
Nbre de fruits récoltés	4634	1939	9591	3621
Nbre de fruits vendus	3050	843	7195	2829
Poids des fruits récoltés	336	386	726	772
Poids des fruits vendus	230	191	598	650
Poids moyen des fruits récoltés	0,073	0,199	0,076	0,213
Poids moyen des fruits vendus	0,076	0,227	0,083	0,230
Rendement (fruits vendus) kg/hectare	35336	29360	91657	99685

Annexe C

Résultats d'analyse de sol pour Saint-Valérien

Analyses de sols – prélèvement du 5 mai 2009		
Paramètre	Champ	Tunnel
C.E.C. (estimée)	22,6	25
pH eau	6,3	6,1
pH tampon	6,6	6,5
Indice en chaux	66	65
Ca	4870 kg/ha	5970 kg/ha
Saturation Ca	48 %	53,3 %
P	75 kg/ha	43 kg/ha
Saturation en P	2,9 %	1,9 %
Al	1140 ppm	1020 ppm
K	1220 kg/ha	816 kg/ha
Saturation K	6,2 %	3,7 %
Mg	509 kg/ha	564 kg/ha
Saturation Mg	8,4 %	8,4 %
Mat. Organique	7,9 %	8,7 %
Saturation K+Mg+Ca	62,6 %	65,4 %

Analyse de sols Tunnel seulement - 2010		
Paramètre	1 ^{er} juin	15 octobre
C.E.C. (estimée)	22,3	24,5
pH eau	6,1	7,0
pH tampon	6,7	7,9
Ca	5481 kg/ha	7928 kg/ha
Saturation Ca	55 %	72,3 %
P	165 kg/ha	183 kg/ha
Saturation en P (P/Al)	9,1 %	9,1 %
Al	808 ppm	902 ppm
K	864 kg/ha	457 kg/ha
Saturation K	4,4 %	2,1 %
Mg	494 kg/ha	469 kg/ha
Saturation Mg	8,2 %	7,1 %
Mat. Organique	8,1 %	7,9 %
Saturation K+Mg+Ca	67,7 %	81,6 %