



**Contenu :** Tableau de compilation des données culturales. Rayonnement solaire global hebdomadaire. Le besoin en CO<sub>2</sub> de la tomate (cinquième partie).

SEM 19	Numéro du producteur :	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	Variété :	Rapsodie - Beaufort Plein sol	Macarena - Beaufort Plein sol	Heritage - Maxifort Fibres de coco --/12/09	Trust - Beaufort Fibres de coco --/01/09	Clermon - Mousse de tourbe 23/02/09	Growdena - Fibres de coco 24/02/09
	Type de substrat :						
	Date de plantation :	15/02/09	26/01/09	--/12/09	--/01/09		
	Densité (plantes/m <sup>2</sup> ) :	2,6	2,6	2,2	3,3		
	Densité avec extra-bras :		2,8				
MESURES SUR LES PLANTS	Croissance hebdomadaire (cm)	14,8	14,8	25,3	19,0	20,0	
	Diamètre de tige (20 cm)					10,3	
	Diamètre de tige (point de croissance)	10,0	11,2	12,2	12,2		
	Longueur d'une feuille mature (cm)	48	47	46	41	49	
	Nombre de feuilles / plant	22	25	21	17	17	
	Distance bouquet en fleur-apex (cm)	9,9	5,4	22,4	11,4	10	
	Stade de Nouaison de la semaine	8,8	10,6	14,3	11,2	6,7	
	Vitesse de nouaison semaine	0,8	0,6	1,0	0,9	0,8	
	Nombre de fruits développés par m <sup>2</sup> / semaine	8,3		11,0	13,2	10,5	
	Nombre de fruits totaux / m <sup>2</sup>	59,8	65,3	73,8	77,8	96,9	
	Calibre moyen des fruits récoltés	245		227	218		
	Production (kg/m <sup>2</sup> récolté / sem.)	1,03		2,0	2,1		
CLIMAT	T° jour / T°nuit (° C)	20,8/17,7	21,2/16,3	19,9/17,3	21,2/16,4		
	T° moyenne 24 heures (° C)	19,0	19,2	18,7	19,2		
	Humidité rel. moyenne 24 hres	86	83	84	70		
IRRIGATION	Heure de début						
	Heure de fin						
	litres / plant / jour	0,8		2,8	2,4		
	% de lessivage			19	35		
	CE / pH au goutteur			3,4/5,6	3,1/5,5		
	CE / pH au lessivage			6,1/6,6	4,8/5,9		
	Consommation (L / plant)			2,2	1,6		

## Rayonnement solaire global hebdomadaire (Joules/cm<sup>2</sup>)

Station	14	15	16	17	18	19	
L'Acadie	Nd	12 115	12 860	11 411	15 387	9 549	
Nicolet	6 060	12 995	13 696	12 022	16 367	9 854	
Lennoxville	6 215	11 761	13 573	11 932	13 606	8 260	
Québec	<b>6 899</b>	<b>12 822</b>	<b>13 514</b>	<b>11 308</b>	<b>15 429</b>	<b>9 111</b>	
RSG normal* Québec	Avril 11 431				Mai 12 985		

\* : Rayonnement solaire pour la région de Québec. Semaine 19 : du 6 au 12 mai inclusivement.



## Le besoin en CO<sub>2</sub> de la tomate (cinquième partie)

Les concentrations de gaz carbonique dans une serre sont en grande partie influencées par l'activité photosynthétique des plants et par le niveau de ventilation. Une bonne stratégie d'enrichissement devrait être conçue en fonction de ces paramètres. Dans le présent article, il sera question des stratégies journalières et saisonnières de l'enrichissement carboné dans les serres.

### Qu'est-ce que le besoin en CO<sub>2</sub> ?

Lorsque l'on parle du besoin en CO<sub>2</sub>, on fait référence à la quantité que les plants de tomates ont besoin pour maintenir un taux optimal de photosynthèse. Cependant, le taux de photosynthèse d'un ensemble de plants, c'est-à-dire la consommation en CO<sub>2</sub>, ce n'est pas un processus que l'on peut mesurer facilement dans une serre. Étant donné cette contrainte, il faut se référer à la théorie pour bâtir une bonne stratégie d'enrichissement.

Généralement, la concentration désirée en CO<sub>2</sub> dans une serre est exprimée en partie par million (ppm). C'est aussi l'unité de mesure qui est utilisée dans les capteurs de CO<sub>2</sub> et les ordinateurs de contrôle climatique. Par contre lorsqu'il est question de la quantité de gaz carbonique qui est injectée dans une serre, il est plus facile d'utiliser une autre unité que les ppm. L'apport en CO<sub>2</sub> devrait être exprimé en utilisant les unités suivantes : g CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/h ou en kg CO<sub>2</sub>/ha/h. Pourquoi introduire une autre unité ? C'est pour se rapprocher des plantes, car c'est avec les mêmes unités que l'on exprime le taux de photosynthèse.

#### Exemple de calcul pour comprendre les ppm et les kg CO<sub>2</sub>/ha :

- 1 ppm CO<sub>2</sub> = 1,83 mg CO<sub>2</sub> / 1 m<sup>3</sup> air
- Une serre de 4,5 mètres sous la gouttière a ± 7,5 m<sup>3</sup> air / m<sup>2</sup> plancher

#### ➔ Pour passer de 380 ppm à 1 000 ppm, combien faut-il ajouter de CO<sub>2</sub> ?

- La différence est de 620 ppm
- 620 ppm x 1,83 mg CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> x 7,5 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> ÷ 1 000 g/kg = 8,5 g CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>
- 8,5 g CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> ou 85 kg CO<sub>2</sub>/ha

Pour une concentration en CO<sub>2</sub> de 380 ppm, soit la concentration atmosphérique normale, le taux de photosynthèse d'une culture de tomates pleinement développée est de l'ordre 10 kg CO<sub>2</sub>/ha/h, pour un faible niveau d'ensoleillement<sup>1</sup>. Si l'ensoleillement est fort et que toutes les conditions climatiques sont favorables, ce taux peut augmenter jusqu'à 50 kg CO<sub>2</sub>/ha/h (tableau 1). Si la serre est fermée, pour maintenir la concentration à 380 ppm, il faudra donc injecter la même quantité que celle qui a été consommée par les plantes, soit 50 kg CO<sub>2</sub>/ha/h. D'autre part, lorsque la ventilation de

<sup>1</sup> Nederhoff, E.M. 1996. *The A to Z guide for using CO<sub>2</sub>*. HortResearch Publication, NZ.

Wacquant, C. 1995. Maîtrise de la conduite climatique tomate sous serre et abris en sol. CTIFL, France, 127 pages.



la serre va être activée, l'apport en CO<sub>2</sub> devra alors être augmenté de nouveau pour compenser la perte causée par l'accroissement du taux de renouvellement de l'air de la serre avec l'extérieur. Le tableau 1 présente ce qui se passe lorsque la concentration désirée dans la serre est augmentée à 500 et à 700 ppm. Dans un premier temps ce que l'on observe, c'est que le taux de photosynthèse maximale s'accroît avec l'augmentation du CO<sub>2</sub>. Deuxièmement, plus la concentration désirée est élevée et plus les pertes reliées à la ventilation sont grandes, ce qui est dû à un effet de dilution plus grand avec l'air extérieur.

Tableau 1 : Quantité approximative en CO<sub>2</sub> (kg CO<sub>2</sub>/ha/h) nécessaire pour compenser le besoin d'une culture de tomates mature et maintenir la concentration désirée, selon le niveau d'ensoleillement et le taux de ventilation.

Concentration en CO <sub>2</sub> désirée dans la serre	380 ppm		500 ppm		700 ppm	
Niveau ensoleillement						
Taux photosynthèse (kg CO <sub>2</sub> /ha/h)	10	50	30	40-50	30	50-70
Perte en CO <sub>2</sub> lorsqu'il n'y a pas de ventilation* (kg CO <sub>2</sub> /ha/h)	0		10-20		20-30	
Apport en CO <sub>2</sub> pour combler la consommation des plants (kg CO <sub>2</sub> /ha/h)	10	50	40-50	50-70	50-60	70-100
Perte en CO <sub>2</sub> lorsque la ventilation est active (moins de 10%)	0-10		30-40		70-80	
Apport en CO <sub>2</sub> pour combler la consommation et compenser la perte	10-20	50-60	60-70	70-90	100-110	120-150

Sources : Nederhoff, 1996 et Wacquant, 1995.

\* Serre moyennement étanche (taux de renouvellement de 0,75 volume/h).

## Sur quoi se baser pour bâtir une stratégie d'enrichissement carboné ?

Comme vu dans la section précédente, le besoin de la tomate pour le CO<sub>2</sub> varie en fonction de la lumière. De plus, il y a une interaction avec le taux de ventilation qu'il faut considérer. Lorsque la ventilation de la serre s'accroît, il est normal de réduire l'enrichissement. Ceci est justifié par des considérations économique et environnementale. Au-delà d'un certain pourcentage d'ouverture des ouvrants d'une serre, si l'enrichissement carboné se poursuit, une grande portion est directement perdue à l'extérieur et à ce moment les coûts dépassent les bénéfices. De plus, on se doit de minimiser les pertes de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère, car le rôle que joue ce gaz sur le réchauffement de la planète est aujourd'hui bien connu...

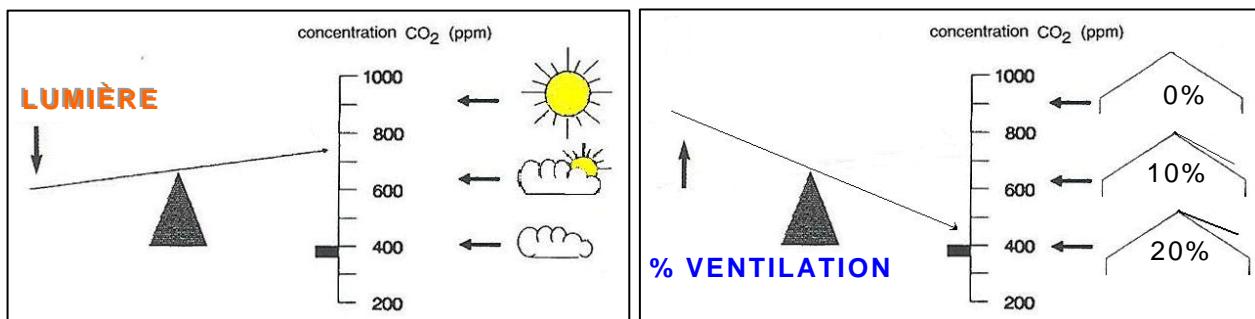
## À quel pourcentage d'ouverture faudrait-il arrêter ou réduire fortement l'injection ?

- ✓ Il est difficile de répondre à cette question avec un nombre précis, car cela dépend de plusieurs facteurs : type de serre, type de ventilation, vitesse du vent, direction du vent, technique d'injection, etc. Normalement, c'est autour de 20% où l'on devrait arrêter ou réduire fortement l'enrichissement.



- ✓ Un autre point à considérer c'est l'utilisation d'un système de stockage de l'eau chaude. Ce système permet de brûler du gaz naturel le jour, même s'il n'y a pas de demande en chauffage et de stocker la chaleur dans un réservoir pour une utilisation différée, comme pendant la nuit. De cette façon, l'enrichissement carboné peut être fait le jour sans « gaspillage » d'énergie. Dans ce cas, l'influence du niveau de ventilation est de bien moindre importance.

**La représentation schématique suivante illustre l'effet inverse de la lumière et de la ventilation sur la concentration désirée en CO<sub>2</sub> dans la serre.**



Sources : Timmerman, G.J. and P.G.H. Kamp. 2003. *Computerised Environmental Control Greenhouses*. PTC<sup>+</sup>, The Netherlands, 265 pages.

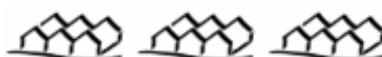
Sur une base quotidienne, l'injection de CO<sub>2</sub> devrait débuter une fois que l'activité des plantes est bien commencée, soit au moins 1 heure après le lever du soleil. De même pour l'arrêt de l'injection, il faut tenir compte de l'activité des plantes. Si la lumière est bonne, il faudra arrêter environ 1 heure avant le coucher du soleil, par contre en période nuageuse, il faudra arrêter au moins 2 heures avant. En fait, en fin de journée, on laisse la culture consommer le CO<sub>2</sub> qui a été injecté, et ce, avant la tombée de la nuit.

La plage optimale des concentrations en CO<sub>2</sub> désirées pour la tomate de serre est entre 600 et 1 000 ppm. Au-delà de 1 500 ppm, l'efficacité et la rentabilité de l'enrichissement carboné se mettent à diminuer rapidement. Pendant la nuit, l'injection est inutile et même nuisible.

### Stratégie d'enrichissement carboné en fonction des saisons

Durant l'hiver et le début du printemps, le niveau visé devrait être de l'ordre de 700 ppm en moyenne durant toute la journée. La concentration désirée devrait suivre l'activité des plantes (tableau 2). Généralement en cette période de l'année, la ventilation est très faible ce qui réduit au minimum les pertes de CO<sub>2</sub> vers l'extérieur des serres. La consommation de CO<sub>2</sub> par l'activité photosynthétique des plants est assez faible en raison de la limitation de la lumière, ce qui fait que l'on atteint la concentration désirée en injectant peu de CO<sub>2</sub>. C'est durant cette période que les besoins en chauffage sont les plus grands, ce qui fait que le CO<sub>2</sub> provenant de la combustion est amplement suffisant pour combler les besoins de la culture.

En conditions printanière et automnale, les concentrations visées seront grandement influencées par l'ouverture des toits et par une activité photosynthétique plus intense.



Les apports en chauffage sont encore requis, surtout en début de journée, ce qui permet l'utilisation du CO<sub>2</sub> issu de la combustion sans système de stockage de la chaleur. En matinée, on profitera d'une ventilation encore faible pour viser 1 000 ppm. Pour le reste de journée, c'est l'ouverture des toits qui sera le principal facteur limitatif de la concentration à maintenir dans la serre.

En été, l'enrichissement carboné est beaucoup fonction des équipements que l'on possède, car les besoins en chauffage sont insuffisants pour faire de l'enrichissement carboné soutenu et d'autre part, la ventilation est presque toujours maximale. Les producteurs qui possèdent un réservoir de stockage de l'eau pourront poursuivre plus facilement l'injection de CO<sub>2</sub> pendant le jour. L'utilisation du CO<sub>2</sub> liquide est une autre option, mais cette dernière est moins rentable.

Malgré les limites énumérées précédemment, l'enrichissement carboné est tout de même possible. Il faudra profiter de la fraîcheur du matin pour en faire. La concentration pourra être montée entre 500 et 700 pour quelques heures et au fur et à mesure que l'ouverture des toits augmente, le taux de CO<sub>2</sub> visé diminuera. Pour le reste de la journée, l'objectif sera de maintenir la concentration à 380 ppm, ce qui en période de grande ventilation se fera naturellement, sans apport de CO<sub>2</sub> supplémentaire.

Tableau 2 : Exemple d'une stratégie d'enrichissement carboné pour une serre qui ne possède pas de système de stockage de chaleur.

Saison	CO <sub>2</sub> désirées (ppm)			
	Ouverture de toits			
	Matin	Avant-midi	Midi	Après-midi
Hiver	<b>500</b> 0-2%	<b>700</b> 0-2%	<b>700 - 1 000</b> 0-2%	<b>&lt; 500</b>
Printemps	<b>700</b> 1-5 %	<b>700 - 1 000</b> 5-10%	<b>400 - 1 000</b> 5-20%	<b>500 - 700</b> 5-10%
Été	<b>500 - 700</b> 5-20%	<b>380</b> > 20%	<b>380</b> > 20%	<b>380</b> > 20%
Automne	<b>700</b> 1-5 %	<b>700 - 1 000</b> 5-10%	<b>400 - 1 000</b> 5-20%	<b>500 - 700</b> 5-10%

Rédaction : Gilles Turcotte, agr. M. Sc., Chargé de projets, MAPAQ, Marc-André Laplante agr., M. Sc., Agrisys,

Collaborations : Liette Lambert agr., Diane Longtin, agente de secrétariat, MAPAQ St-Rémi. Jacques Painchaud, agr., MAPAQ Drummondville. André Carrier, agr., MAPAQ Chaudière-Appalaches. Julie Marcoux, technicienne, MAPAQ Estrie.

Idée originale de Liette Lambert, MAPAQ St-Rémi (2003)

