

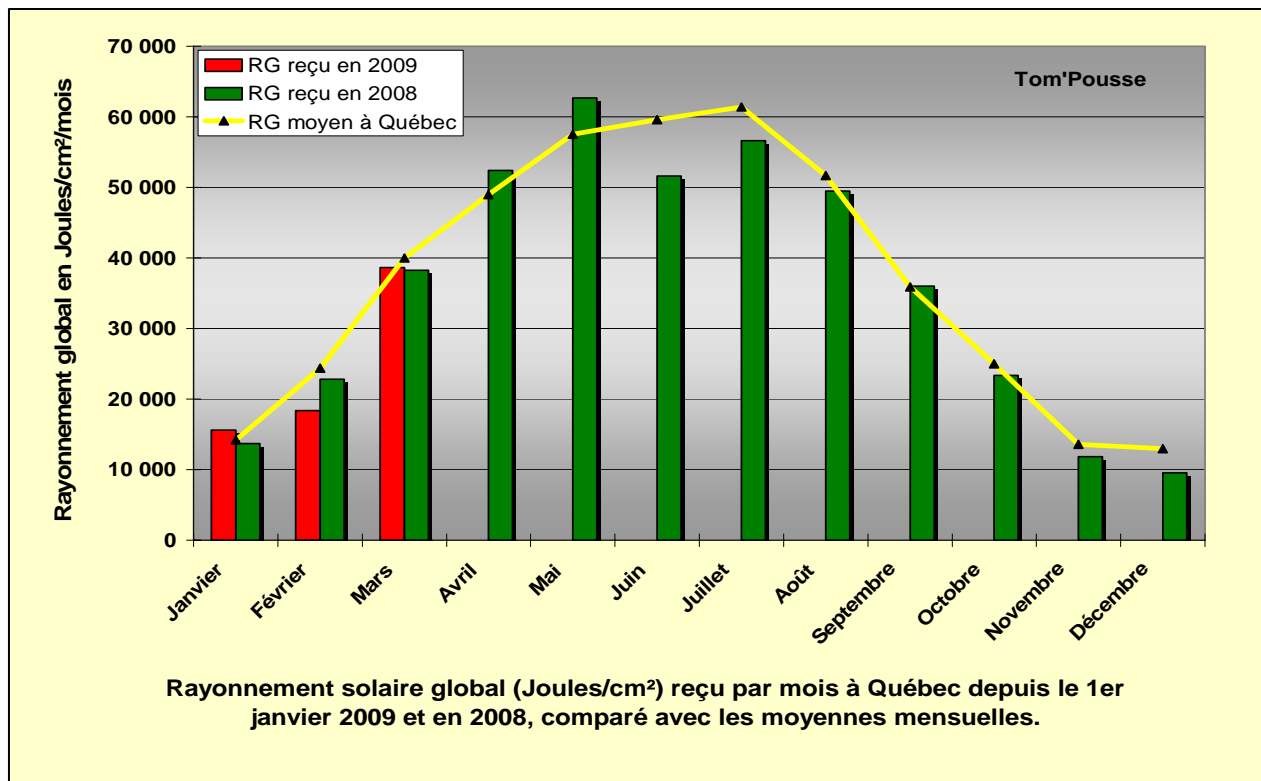


Contenu : Rayonnement solaire global hebdomadaire et mensuel. Dossier spécial : Le CO₂ en serre (deuxième partie).

Rayonnement solaire global hebdomadaire (Joules/cm²)

| Station | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
|---------------------------|-------------------|--------------|---------------------|----|----|----|----|----|
| L'Acadie | ND | ND | | | | | | |
| Nicolet | 12 426 | 7 730 | | | | | | |
| Lennoxville | 10 912 | 6 647 | | | | | | |
| Québec | 12 261 | 7 301 | | | | | | |
| RSG normal* Québec | Mars 9 030 | | Avril 11 431 | | | | | |

* : Rayonnement solaire pour la région de Québec. **Semaine 13** : du 25 au 31 mars inclusivement.



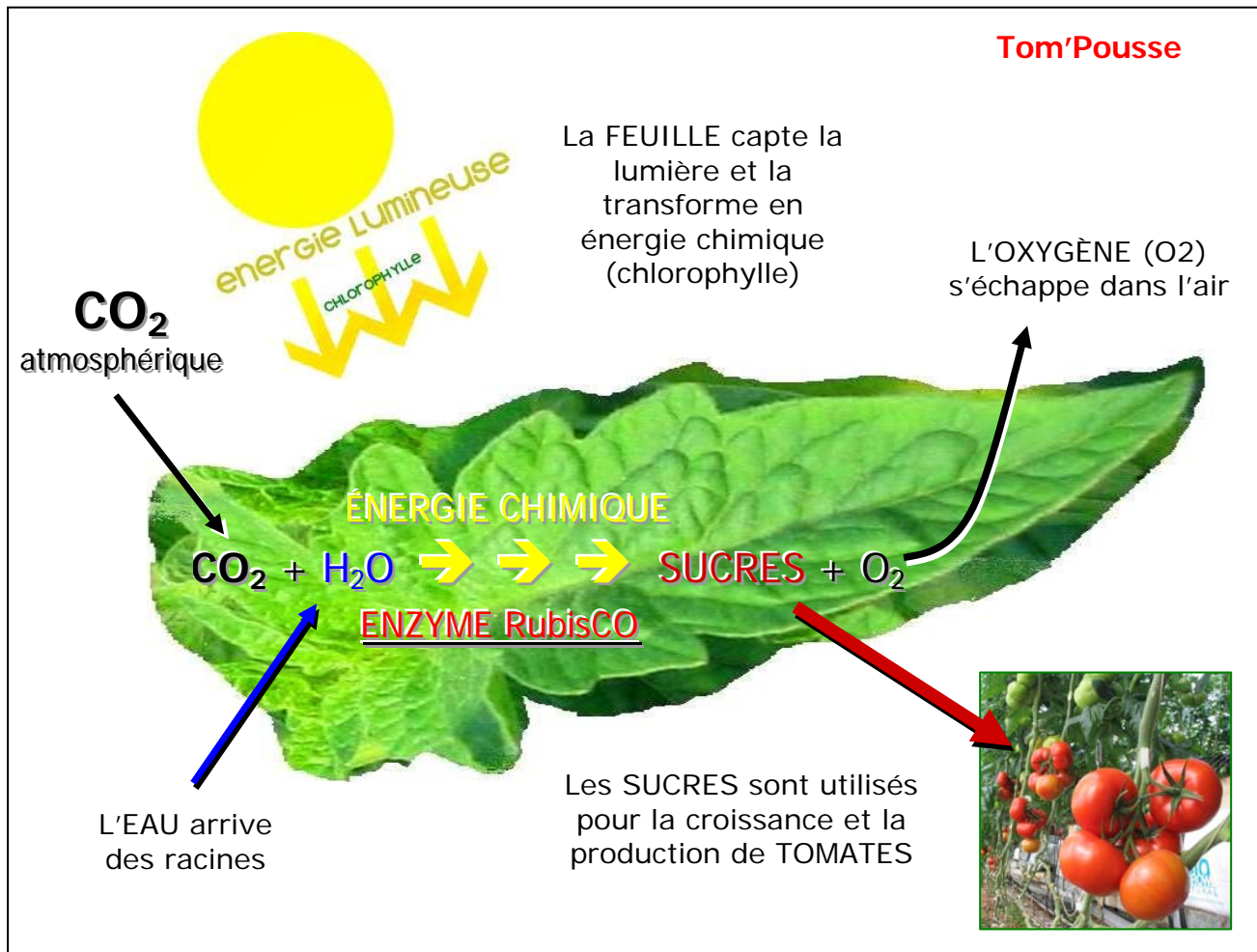
Quelques faits saillants pour le mois de mars !

- La dernière semaine du mois de mars a été nuageuse et pluvieuse. Finalement, le bilan de la radiation cumulée a été de 3% inférieur à la normale.
- Dans l'ensemble, ce fut un mois assez doux avec une température moyenne supérieure de 1 à 1,5°C par rapport à la moyenne.



DOSSIER SPÉCIAL : Le CO₂ en serre (deuxième partie)

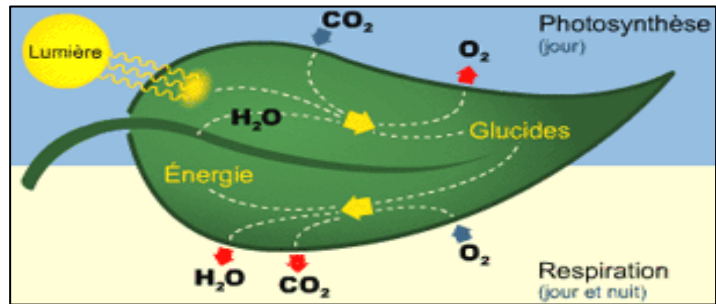
Comme il a été mentionné dans la première partie de ce dossier sur le gaz carbonique, le jour ou pendant la période éclairée, les plants de tomates consomment le CO₂ de l'air et par le processus de la photosynthèse ils produisent les sucres qui permettent la production de biomasse. La **RubisCO** (ribulose 1,5 bisphosphate carboxylase-oxygénase) est l'enzyme principale qui permet la transformation du CO₂ en sucres dans le cycle de Calvin¹. Elle représente plus de 50% des protéines solubles contenues dans une feuille. Cependant, la RubisCO n'est pas exclusive au CO₂ (photosynthèse), elle est aussi capable de réagir avec l'oxygène (photorespiration).



¹ Le **cycle de Calvin** est une série de réactions biochimiques qui ont lieu dans les chloroplastes qui sont dans les cellules chlorophylliennes des feuilles. Cet ensemble de réactions est aussi nommé la fixation du carbone.



La respiration est la réaction contraire de la photosynthèse. Elle consomme l'oxygène (oxydation des sucres) et libère le CO₂ dans l'air. Lorsque ce processus se fait le jour, on parle alors de photorespiration.



Variation des niveaux de CO₂ dans une serre

Comme présentée précédemment dans la première partie, la concentration de CO₂ atmosphérique est de l'ordre de 380 ppm. Normalement, c'est la teneur en CO₂ que l'on devrait mesurer dans une serre qui est bien ventilée.

Dans une serre où il n'y a pas d'enrichissement carboné, la concentration de CO₂ va se mettre à monter durant la période d'obscurité (respiration) et elle va se mettre à descendre durant la période de clarté (photosynthèse). Bien entendu, le taux de ventilation de la serre va avoir un grand impact sur l'importance de ces variations. La figure 1 montre l'évolution de la teneur en CO₂ dans l'air d'une serre sans enrichissement carboné.

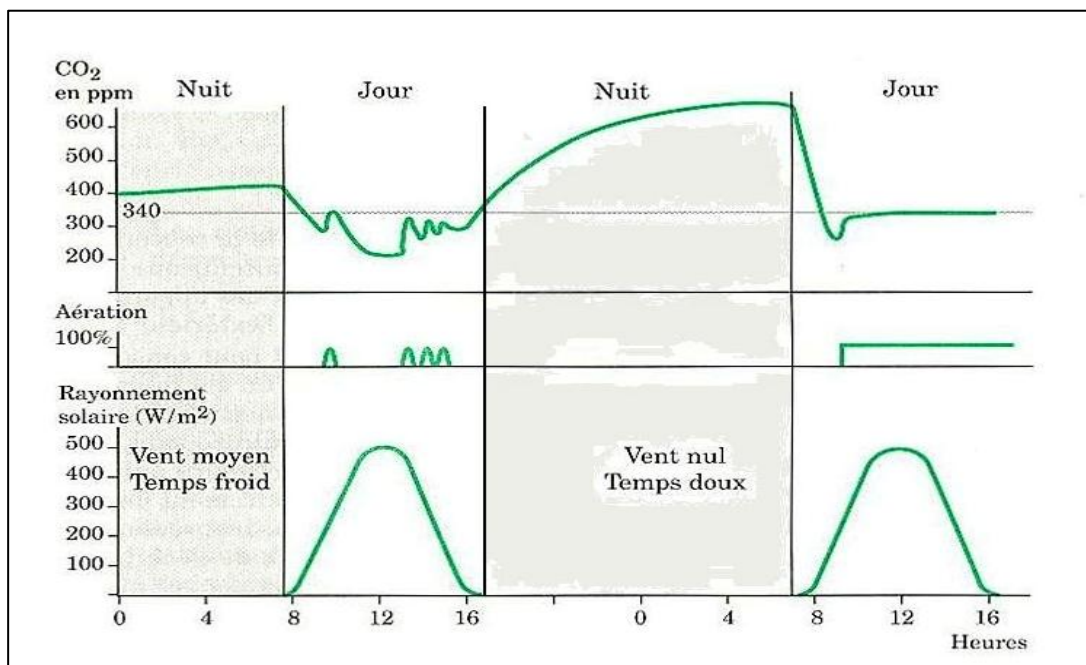


Figure 1 : Concentration de CO₂ à l'intérieur d'une serre en culture de tomate, non enrichie, au cours de deux journées, en fonction de l'aération et du rayonnement solaire.

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



Dans cet exemple, les niveaux de CO₂ durant la nuit ont été de l'ordre de 400 à un peu plus de 600 ppm. Il n'est pas rare de voir des niveaux un peu plus élevés que 600 ppm. Les concentrations les plus basses, environ 200 ppm, ont été mesurées durant la période de haute intensité lumineuse et de ventilation très faible (première journée). Les niveaux de gaz carbonique de la deuxième journée n'ont pas descendu autant en raison de la ventilation importante qui réapprovisionnait constamment l'air de la serre en CO₂. En effet, plus la ventilation est grande, plus la concentration de CO₂ dans la serre avoisinera celle du CO₂ extérieur². C'est pour cette raison que l'apport carboné est particulièrement approprié pendant les périodes où la radiation solaire est forte et que le besoin de ventilation est faible, par exemple au printemps.

La densité de plantation aura également une influence sur les taux de CO₂. Des cultures à hautes densités consomment davantage de CO₂ et seront aussi encore plus avantagées par un enrichissement carboné. D'autres facteurs externes à la culture elle-même peuvent également influencer les concentrations de CO₂ : l'étanchéité de la serre et le mode de culture. En effet, une serre moins hermétique permettra un renouvellement plus rapide du CO₂ ambiant. D'autre part, dans une culture biologique en serre l'activité de la microfaune influence la concentration de CO₂ de l'air. Lorsque les conditions sont optimales, il est possible de mesurer une libération de CO₂ qui peut atteindre 4 g/m²/h.

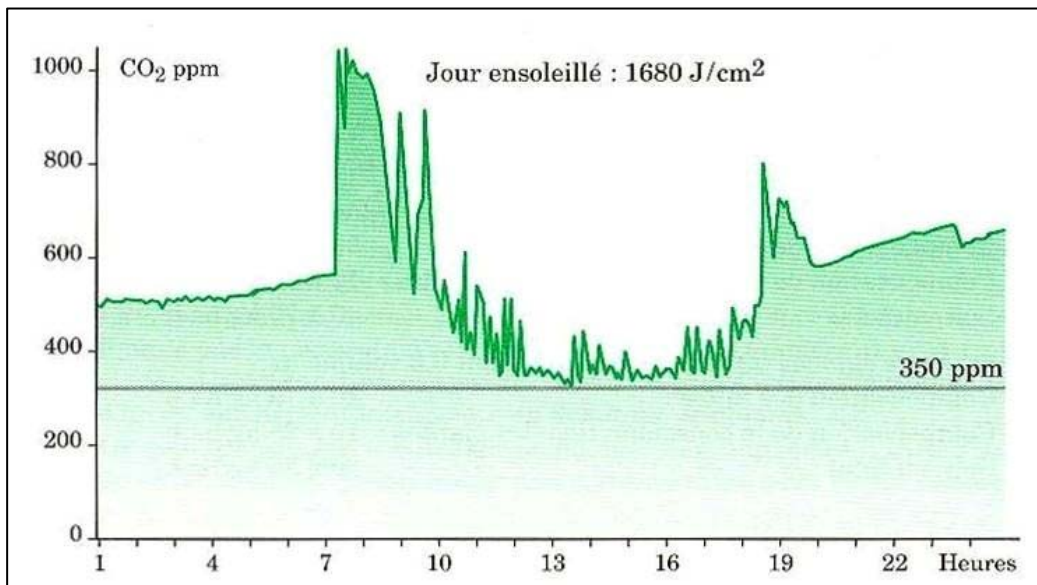


Figure 2 : Concentration de CO₂ au cours d'une journée de printemps, avec enrichissement carboné : Consigne de 900 ppm avec un minimum de 350 ppm lorsque l'aération de la serre est active.

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

² Dans cet exemple datant de 1995, la concentration atmosphérique de CO₂ était indiquée à 340 ppm, alors qu'en 2009, cette concentration est plutôt de l'ordre de 380 ppm.



Dans l'exemple présenté à la figure 2, on peut voir que lorsque la ventilation est faible qu'il est facile d'augmenter la concentration de CO₂ jusqu'à 1 000 ppm. Dès que la ventilation est activée, une mise au point de la consigne s'avère nécessaire. Sans ce changement de consigne, le CO₂ injecté dans la serre sera évacué à l'extérieur de la serre. Il est donc essentiel de réduire la consigne autour de la concentration de CO₂ atmosphérique. Le but recherché par cette modification est de soutenir la photosynthèse à un niveau acceptable et de limiter les pertes de CO₂ à l'extérieur de la serre.

Effet du CO₂ sur une culture de tomate en serre

Faibles niveaux de CO₂

En plein jour, dans une serre non ventilée, le taux en CO₂ peut descendre jusqu'à 150-200 ppm, à ce niveau, le plant de tomate se retrouve tout près du point de compensation en CO₂. Le point de compensation correspond au moment où le taux de photosynthèse équivaut à celui de la photorespiration. À ce point critique, le plant ne consomme et ne fabrique pas de biomasse. Ceci provient du fait que le rapport O₂/CO₂ dans l'air de la serre est alors élevé et que l'enzyme RubisCO peut réagir autant avec le CO₂ (photosynthèse) qu'avec l'O₂ (photorespiration). Donc, malgré des conditions climatiques favorables (lumière, eau, température et hygrométrie), la croissance des plantes sera nulle.

Le taux de photosynthèse d'un plant de tomate est fortement influencé par la concentration de CO₂ (Figure 3). Autour de 180-200 ppm le taux de photosynthèse correspond à environ 50% de ce qu'il est à 380 ppm. Au niveau de l'équilibre entre la croissance végétative et générative, une faible concentration en CO₂ favorise beaucoup plus la croissance végétative.

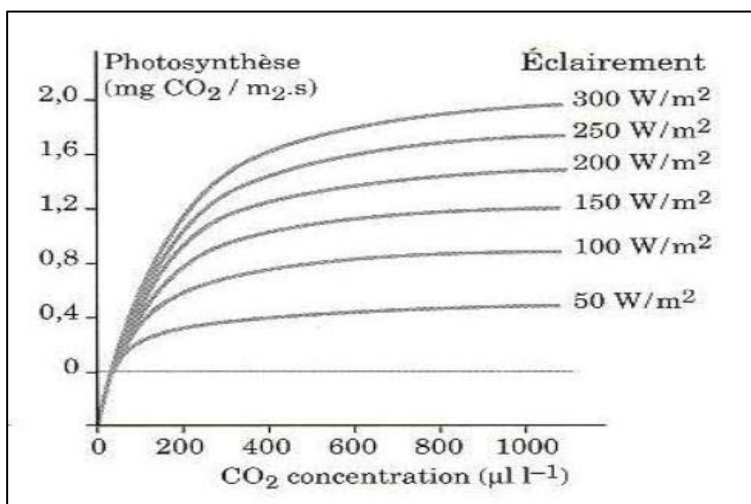


Figure 3 : Photosynthèse pour une culture de tomate en fonction de l'intensité lumineuse et de la concentration en CO₂.

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



Hauts niveaux de CO₂

En général, plus l'intensité lumineuse est grande, plus l'augmentation du CO₂ engendrera des niveaux photosynthétiques élevés (Figure 3). L'effet le plus marqué se produit entre 150 et 350 ppm, mais il reste tout de même très élevé jusqu'à 600 ppm. De 600 à 1 000 ppm, l'augmentation de l'activité photosynthétique est toujours notable, mais diminuée. Finalement, l'augmentation à des niveaux supérieurs à 1 000 ppm est assez faible et avec un maximum aux environs de 1 500 ppm. Ce plafond est le résultat de limites physiologiques du plant. À de hautes concentrations, la RubisCO ne se régénère pas assez rapidement, ce qui limite la photosynthèse.

Le gain en production résultant de l'enrichissement en CO₂ d'une culture de tomates est de nos jours universellement reconnu. Lorsque la concentration moyenne pendant une saison de culture passe de 350 ppm à 600 ppm, l'accroissement de la production est de 15 à 20% (Wacquant, 1995). Avec un niveau plus élevé de 800–1 000 ppm, le gain pourrait aller jusqu'à 30% (Nederhoff, 1994)³.

Plus en détail, la photosynthèse d'un plant de tomate aux environs de 1 000 ppm est 40 à 70 % plus élevée que celle d'un plant au niveau du CO₂ atmosphérique (380 ppm). Cela se traduit par des rendements supérieurs de l'ordre 30-35 % en début de culture, ce qui peut représenter une augmentation de l'ordre de 1 à 2 kg/m² lors du premier mois de récolte (Wacquant, 1995). Toutefois, ces gains de l'activité photosynthétique sont diminués avec le temps : les rendements à 1 000 ppm qui étaient supérieurs de 30-35 % en début de culture diminuent à 10-20 % avec le temps. Ceci s'explique par l'adaptabilité des plants à ces niveaux élevés de CO₂ dans l'air. En effet, une exposition à de hauts niveaux de gaz carbonique entraîne souvent une diminution de l'indice foliaire des plants. Cette diminution de la surface foliaire vient amoindrir les gains photosynthétiques de l'enrichissement carboné.

En ce qui a trait à la relation lumière-CO₂, il faut considérer le cas où la lumière devient le facteur limitant de la croissance. Lorsque le niveau de lumière est faible, comme c'est souvent le cas en hiver dans les serres, de hautes concentrations de CO₂ peuvent s'avérer profitables. Encore une fois, l'explication se trouve au niveau de la RubisCO. En créant un rapport O₂/CO₂ très faible, ça provoque une baisse importante de la photorespiration (consommation en carbone). De ce fait, le gain net en carbone sur une base journalière est augmenté.

Les effets plus spécifiques de l'augmentation des niveaux de CO₂ par l'enrichissement carboné sur les plants de tomate sont les suivants :

- ⇒ Augmentation de la matière sèche dans toutes les parties de la plante, surtout au niveau de l'allongement racinaire;
- ⇒ Augmentation de la croissance des tiges;
- ⇒ Épaississement des feuilles;

³ Nederhoff, E.M. 1994. Effect of CO₂ concentration on photosynthesis, transpiration and production of greenhouse fruit vegetable crops. Wageningen Agricultural University. The Netherlands, 213 pp.



- ⇒ Diminution des besoins en eau de plants en raison de la diminution de la transpiration;
- ⇒ Augmentation du nombre de grappes en fleurs et du nombre de fleurs par grappe;
- ⇒ Anthèse plus rapide;
- ⇒ Diminution de l'avortement florale;
- ⇒ Augmentation du nombre total de fruits et/ou de leur calibre;
- ⇒ Hausse du taux des sucres dans les fruits;
- ⇒ Ralentissement du mûrissement en raison de la diminution de la respiration des feuilles;
- ⇒ Pour un plant de tomates qui a un bon ratio feuilles/fruits, l'enrichissement carboné va favoriser la croissance générative. Par contre, pour un plant qui est en déséquilibre végétatif, l'injection du CO2 aura pour effet de favoriser la croissance végétative, ce qui sera néfaste pour la production.

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

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 \(2003\)](#)

