

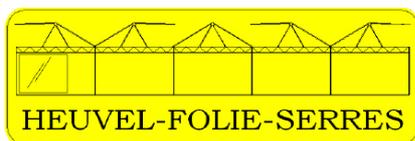


WAGENINGEN UR

For quality of life

Calculs Computational fluide dynamiques (CFD) des serres à membrane de Van der Heide

J.B. Campen



Tel.+32 3 313 89 76 Fax.+32 3 313 69 31
WWW.HEUVEL-FOLIE-SERRES.COM



FOLIEKASSEN BV

Wageningen UR Glastuinbouw, Wageningen
xxx 2007

Rapport xxx

© 2007 Wageningen, Wageningen UR Glastuinbouw

Tous droits réservés. Toute reproduction intégrale ou partielle, tout enregistrement dans une base de données automatisée ou toute publication, sous quelque forme et de quelque manière que ce soit, électronique, mécanique, par photocopies, enregistrements ou de toute autre manière, sans autorisation préalable de Wageningen UR Glastuinbouw, sont interdits.

Wageningen UR Glastuinbouw

Adresse : Bornsesteeg 65, Wageningen
Boîte postale 16, 6700 AA Wageningen
Tél. : 0317 – 47 70 00
Fax : 0317 – 41 80 -94
E-mail : glastuinbouw@wur.nl
Internet : www.glastuinbouw.wur.nl

Table des matières

1. Introduction
2. Matériaux et méthodes
3. Résultats
 - 3.1. Répartition de la température à une vitesse de vent de 4m/s
 - 3.2. Absence de vent
4. Conclusions

1. Introduction

La capacité de ventilation, le flux d'air et la courbe de température qui en résulte dans les différentes serres VDH sont analysés sur base des calculs CFD. Ces calculs ont pour but de mieux comprendre le comportement en terme de ventilation des différentes formes de serres proposées par Van der Heide. Ces résultats sont basés sur un calcul du taux de renouvellement d'air et la répartition de la température dans la serre. Étant donné que les mêmes conditions annexes sont utilisées pour les différents calculs, une comparaison des différents types de serres est possible.

Il s'agit ici des serres suivantes :

- Type Venlo : dimensions chapelles 4,80 m avec ouvertures de ventilation variables (85cm en position ouverte/170cm en position ouverte, ventilation sur un versant, ventilation alternée sur deux versants, vent de deux côtés différents).
- Mono chapelles larges : dimensions 9.60 m de large avec ouvertures de ventilation variables (à un versant ou à deux versants ouverts, vent de deux côtés différents).
- Type Cabriolet : dimensions 9.60 m de large
- Toit supérieur ouvert avec poutre en treillis de 12.80 m de long avec ventilation alternée sur deux versants ou à un versant.

2. Matériaux et Méthodes

Les calculs ont été réalisés grâce à une technique de simulation appelée Computational Fluid Dynamics. Les principales caractéristiques de cette technique sont les suivantes :

De quoi s'agit-il ? La géométrie est divisée en petits morceaux sur lesquels les comparaisons de continuité sont résolues. Ce processus se déroule de manière itérative jusqu'à l'obtention de la convergence.

Quels en sont les avantages ? Différents projets de nouveaux bâtiments, voitures, ordinateurs, etc., peuvent être comparés sans devoir procéder à des expérimentations longues et coûteuses avec des prototypes.

De quoi a-t-on besoin ? Un programme CFD commercial et un puissant ordinateur et une personne qui maîtrise bien ces deux instruments. Pour résoudre le problème proprement dit, on a besoin des dimensions de la géométrie, des températures, de la vitesse du vent, etc.

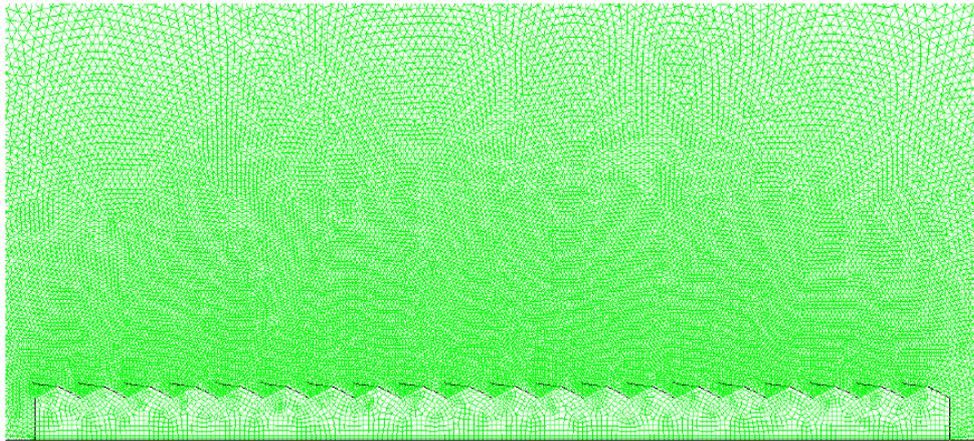


Figure 1
Le modèle CFD.

Dans la figure ci-dessus, vous découvrez le modèle utilisé pour les calculs. Le modèle se compose en fait d'une multitude de petits volumes sur lesquels sont résolues les comparaisons de continuité. Les conditions annexes déterminent en définitive le flux et la répartition de la température.

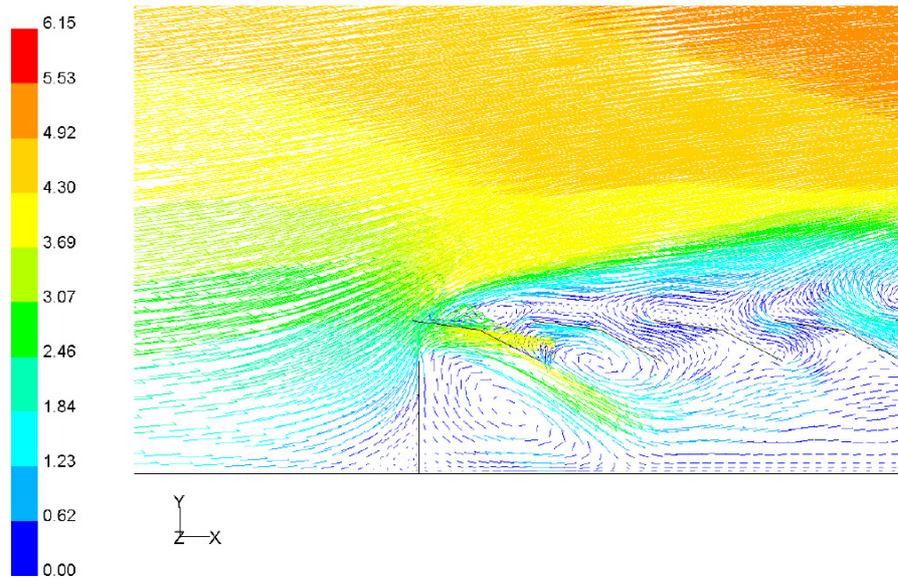


Figure 2
Courbe de vitesse autour de la serre.

Dans la figure ci-dessus, vous découvrez la courbe de vitesse autour de la serre. Chaque trait indique la vitesse et la direction de l'air dans la partie de volume. A chaque volume correspond une température. Dans le modèle, la chaleur produite par le soleil dans la serre est transmise directement de la plante à l'air. La plante a également une résistance à l'air. Dans le modèle, la serre est parfaitement étanche, ce qui signifie qu'il n'y a aucun interstice ni aucune ouverture dans l'enveloppe, à l'exception des ouvertures de ventilation. Il y a cependant convection possible par le matériau de couverture de la serre.

- Les conditions annexes des calculs sont :
- Les calculs sont réalisés de manière bidimensionnelle
- La surface de la serre est rectangulaire et d'environ 1 ha sur une longueur de 100m.
- La hauteur de colonnes des serres est de 4,5m.
- Chaleur perceptible : 400W/m^2
- Température extérieure : 20°C
- Tous les calculs sont réalisés sans vent et à une vitesse de vent de 4 m/s.
- Dans les calculs, il est tenu compte d'une culture basse (0,5m) qui se trouve au sol, le sol est recouvert d'une toile noire anti-racine.

Le taux de renouvellement d'air de la serre est déterminé dans le modèle par dosage d'un gaz témoin, en très petite quantité, de $1\text{ mg/m}^2\text{s}$, ce qui permet ensuite de calculer le taux de renouvellement d'air à partir de la concentration moyenne.

3. Résultats

Dans ce chapitre, nous étudions les répartitions de la température des différentes constructions de serres. Enfin, nous proposons un résumé des températures maximale et moyenne et du taux de renouvellement d'air.

3.1. Répartition de la température à une vitesse de vent de 4m/s

Les calculs suivants ont été réalisés dans une serre avec une largeur de chapelle de 4,8m.

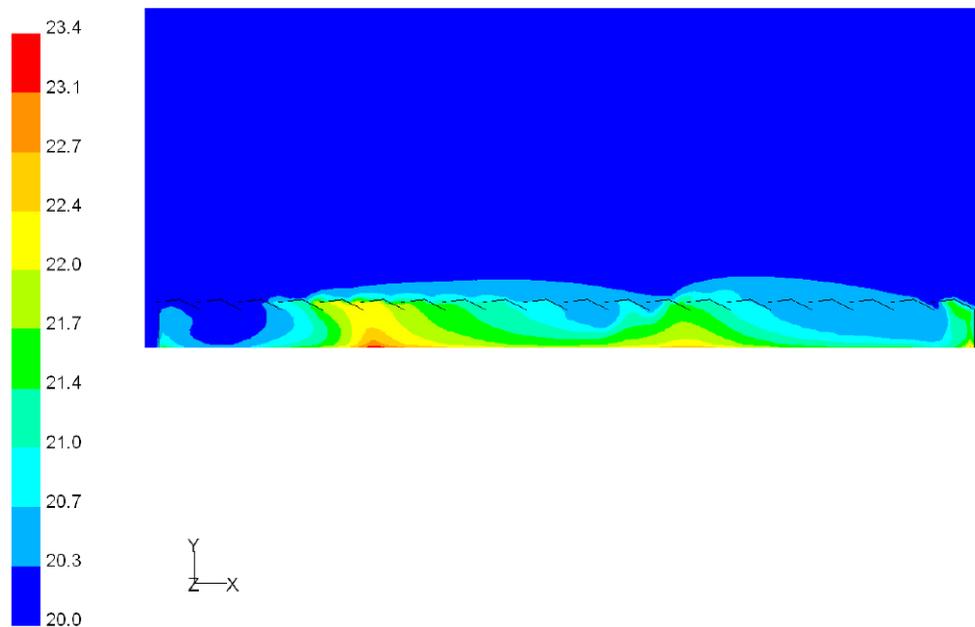


Figure 3
Répartition de la température dans un système avec châssis à ouverture dos au vent pour une dimension de chapelle de 4,8m.

En cas de châssis à ouverture dos au vent, les premiers châssis créent un courant d'air, si bien que la température de ce côté de la serre reste basse. L'air quitte ensuite la serre au travers de châssis situés plus loin dans la serre. La température à proximité des cultures varie entre 20 et 23,4°C. La courbe de température reproduite dans la figure ci-dessus n'est pas stable. La localisation de l'air chaud dans la serre change en permanence de place pendant le calcul. Un système de châssis à ouverture dos au vent est moins stable qu'un châssis à ouverture contre le vent.

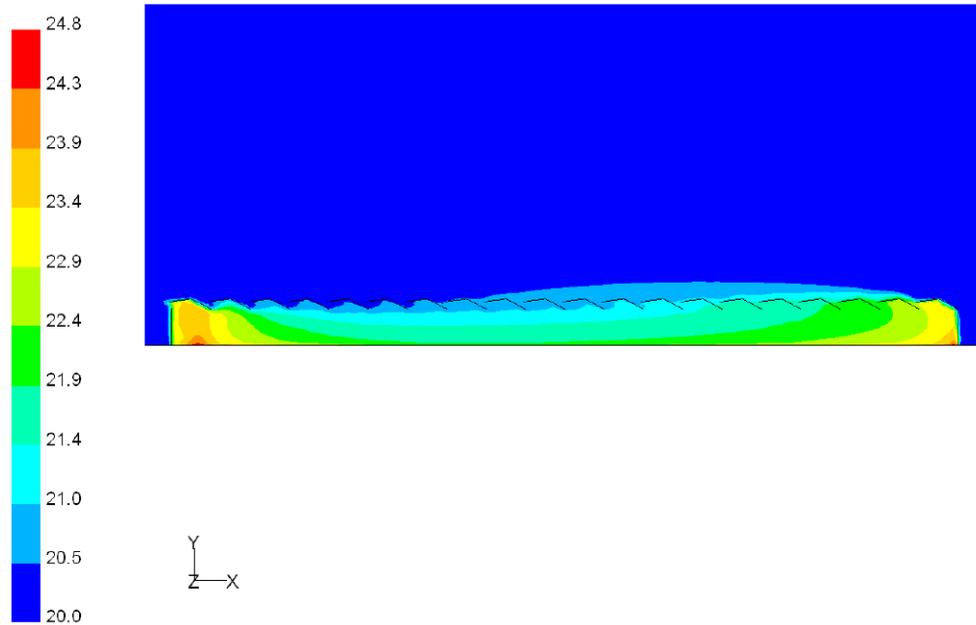


Figure 4
Répartition de la température dans une serre avec châssis à ouverture contre le vent pour une largeur de chapelle de 4,8m.

La figure ci-dessus reproduit le cas de figure d'un système avec châssis à ouverture contre le vent. Ce type de ventilation produit une répartition plus uniforme de la température dans la serre.

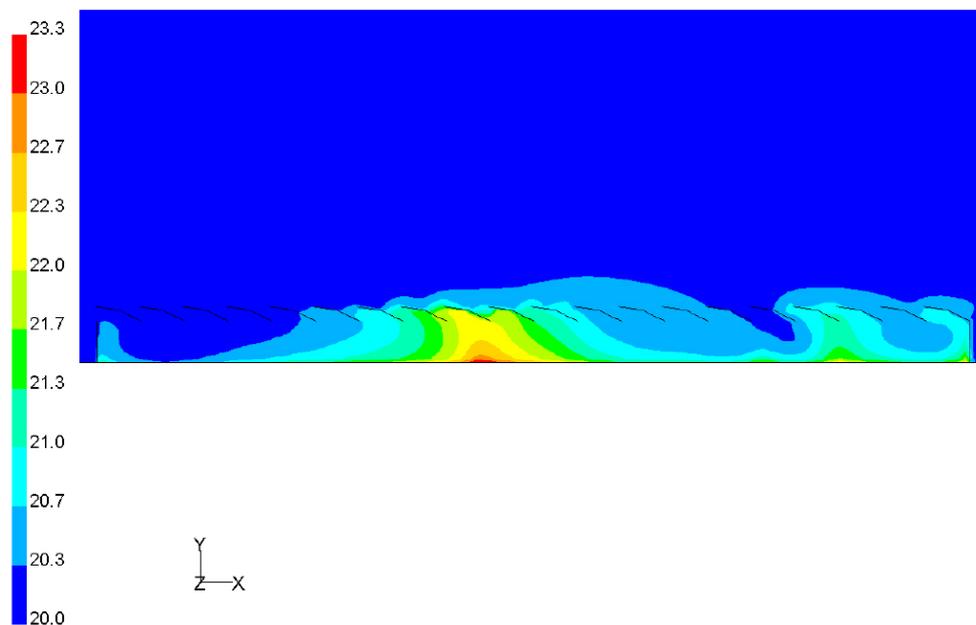


Figure 5
Répartition de la température dans une serre avec châssis à ouverture dos au vent lorsque les châssis sont complètement ouverts.

Dans le cas de châssis à ouverture dos au vent, le fait d'ouvrir amplement les châssis n'améliore que très légèrement la répartition de la température si l'on observe la température maximale.

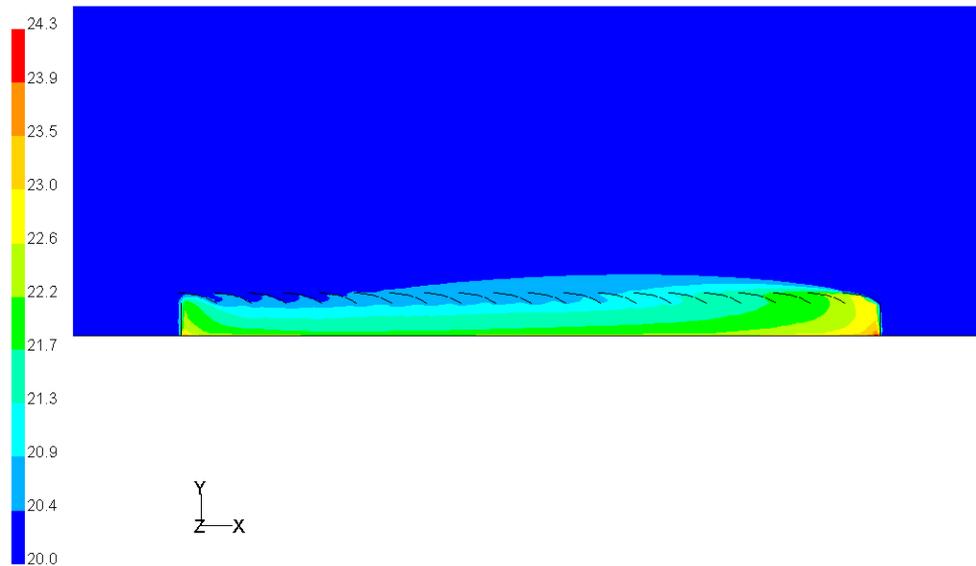


Figure 6
Répartition de la température dans une serre avec châssis à ouverture contre le vent lorsque les châssis sont ouverts amplement.

La température maximale baisse de 0,5K lorsque les châssis sont amplement ouverts dans une serre à ouverture contre le vent.

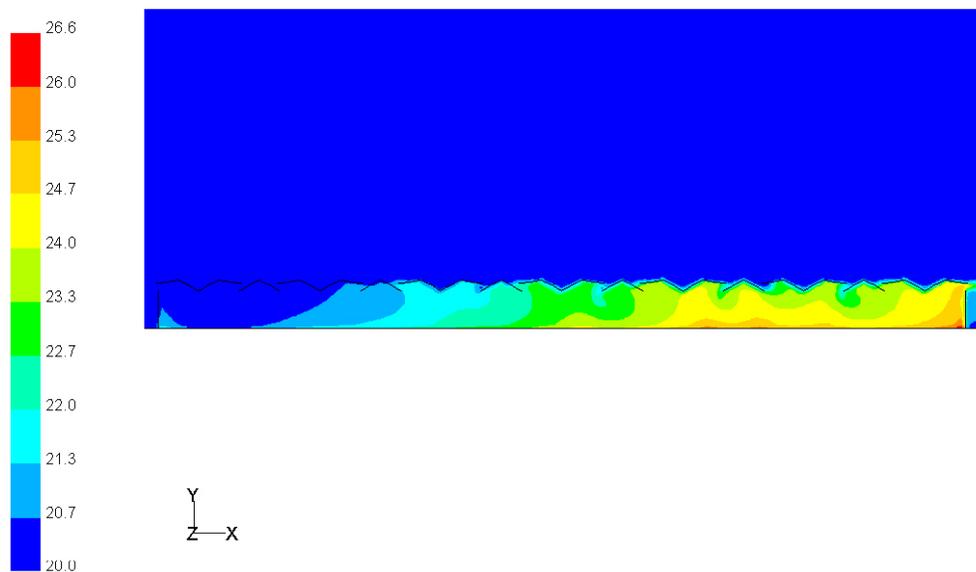


Figure 7
Répartition de la température avec système d'ouverture alternée des châssis.

La direction du vent dans les deux figures précédentes est de gauche à droite. Le système d'ouverture alternée des châssis n'a aucun impact positif sur la ventilation et la répartition de la température dans la serre, lorsque l'on compare celles-ci à une ventilation à un versant. Une partie de la serre reste relativement froide et l'autre chaude.

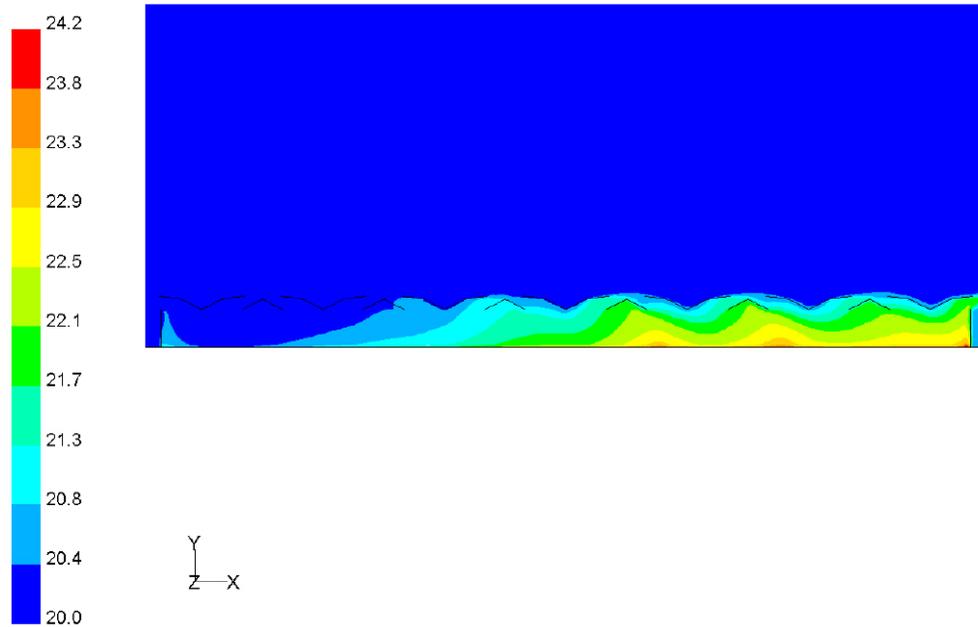


Figure 8
Répartition de la température dans un système d'ouverture alternée et plus ample des châssis.

Lorsque l'on fait varier l'ouverture des châssis, le calcul est stable, ce qui implique une ventilation stable. Dans cette situation, le fait d'ouvrir les châssis plus amplement a ici un impact considérable sur la température maximale qui est calculée dans la serre.

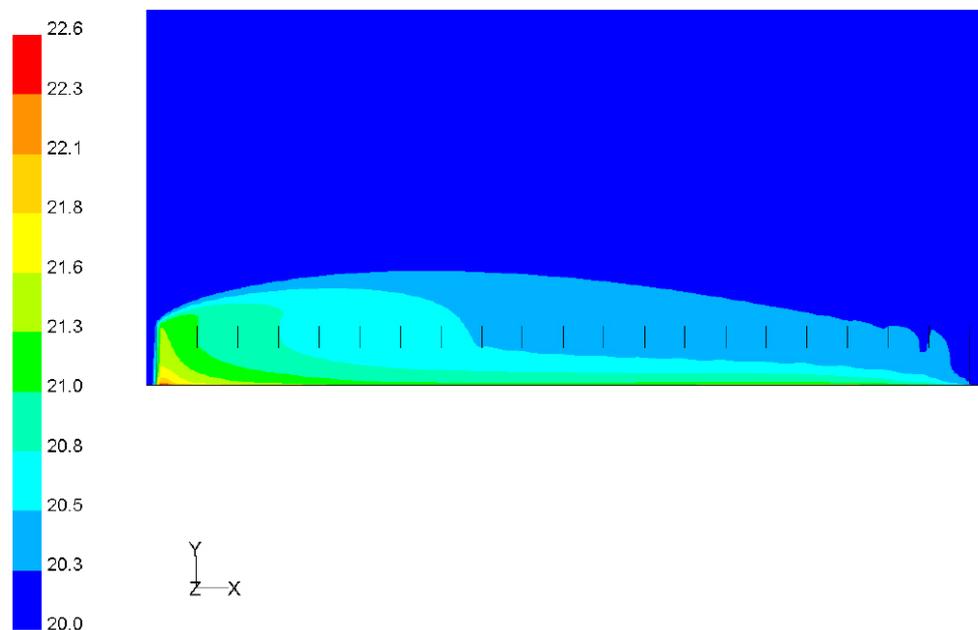


Figure 9
Répartition de la température dans la serre cabrio avec une direction du vent de gauche à droite.

Du point de vue de la répartition de la température, la serre cabrio ressemble le plus au système avec châssis à ouverture contre le vent. Comme escompté, c'est dans cette serre que l'on obtient la température maximale la plus basse.

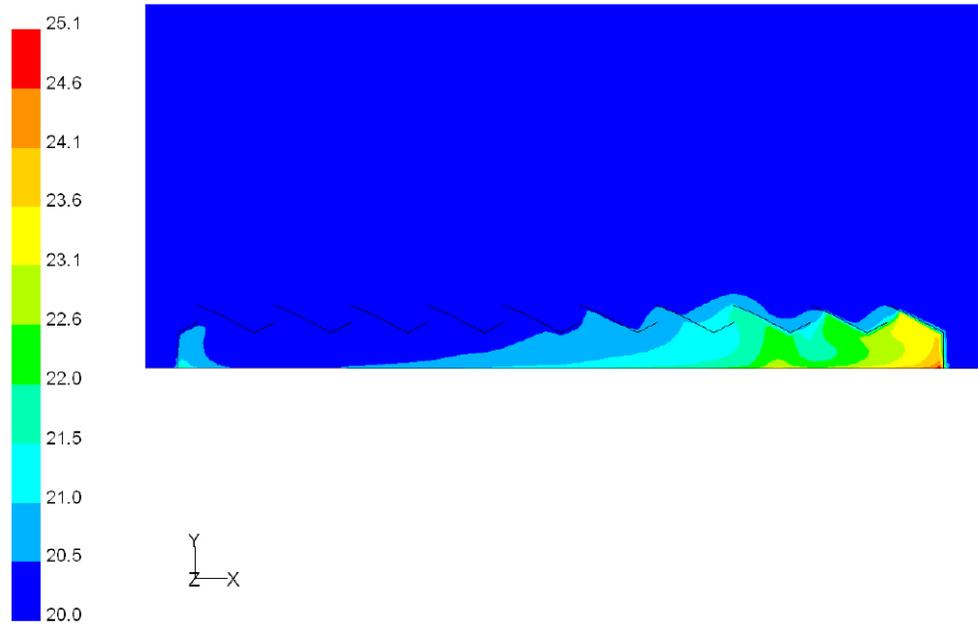


Figure 10
Châssis à ouverture dos au vent avec une largeur de chapelle de 9,6m.

La chapelle de plus grande dimension implique que l'angle de la serre où l'on observe la température la plus élevée est moins bien ventilé que dans la serre avec une chapelle de 4,8m de largeur.

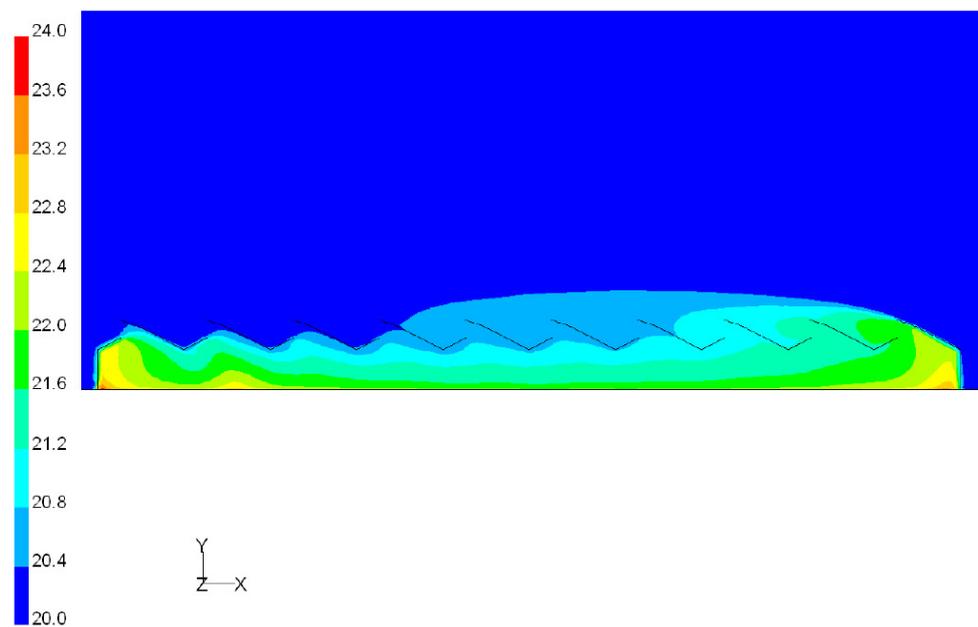


Figure 11
Châssis à ouverture contre le vent avec une largeur de chapelle de 9,6m.

Ce qui surprend c'est que le châssis à ouverture dos au vent ventile davantage que celui à ouverture contre le vent, tandis que la température la plus élevée est relevée dans la serre à ouverture dos au vent, ce qui n'était pas le cas de la précédente serre.

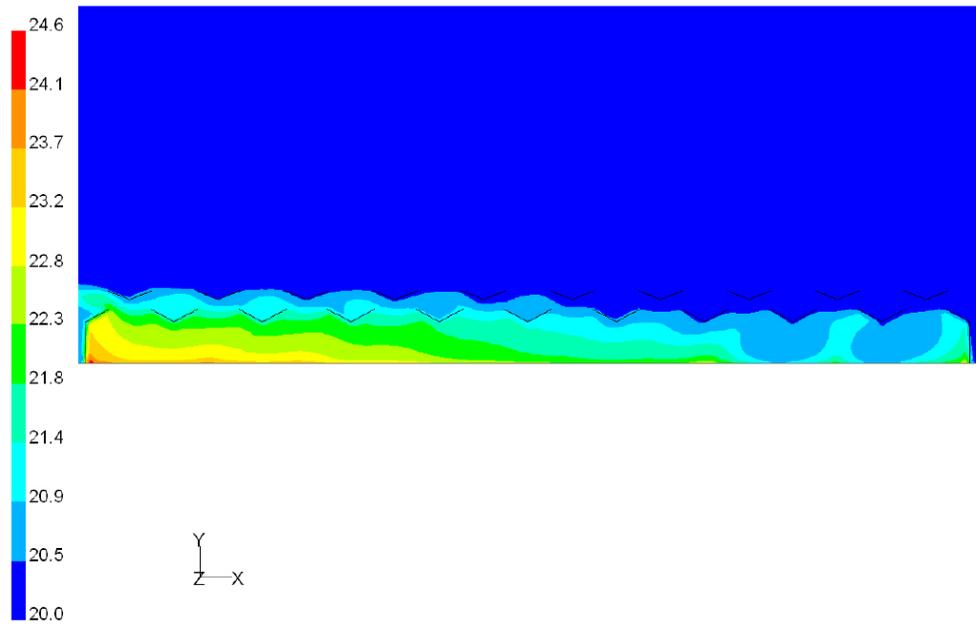


Figure 12
Ventilation aux deux versants avec une largeur de chapelle de 9,6m.

Si les deux ouvertures de ventilation sont ouvertes, la ventilation est stable. Ce qui surprend c'est que la température la plus élevée dans la configuration avec deux versants ouverts est supérieure à celle relevée dans la configuration avec une seule ouverture contre le vent.

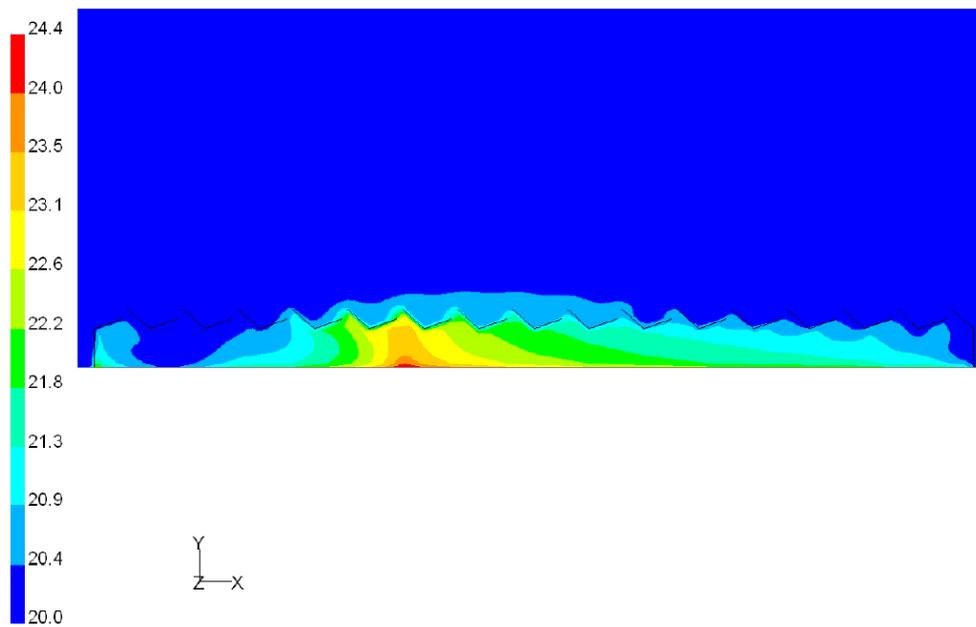


Figure 13
Châssis à ouverture dos au vent avec une poutre en treillis de 12,8m de long.

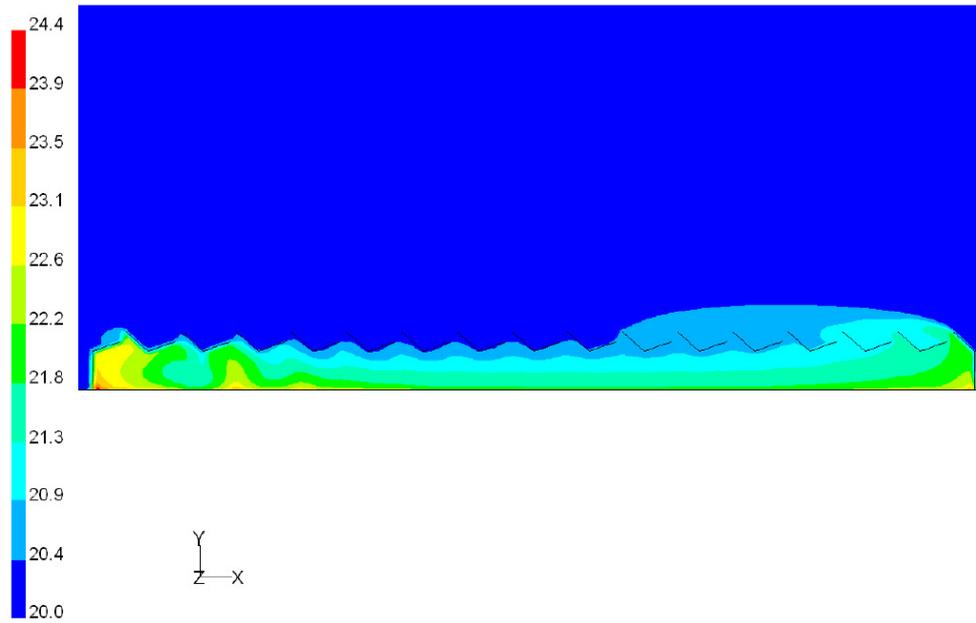


Figure 14
Châssis à ouverture contre le vent dans une serre avec une poutre en treillis de 12,8m de long.

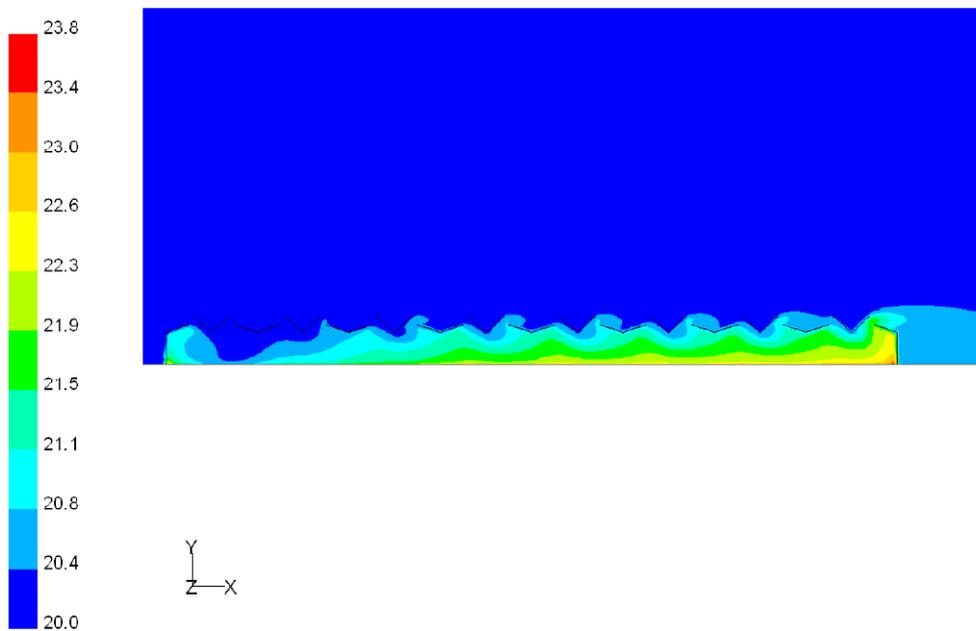


Figure 15
Système de ventilation par ouverture alternée des châssis dans une serre avec une poutre en treillis de 12,8m de long.

Tableau 1

La température maximale, la température moyenne et le taux de renouvellement d'air pour les différents cas de figure à une vitesse du vent de 4m/s

	T° maximum	T° moyenne	Taux de renouvellement d'air h ⁻¹
Contre le vent 4,8m	24,8	21,9	15,9
Contre le vent grand ouvert 4,8m	24,3	21,6	19,6
Dos au vent 4,8m	23,4	21,1	30,1
Dos au vent grand ouvert 4,8m	23,3	20,8	40,0
Ouverture alternée 4,8m	26,6	22,5	10,7
Ouverture alternée plus ample 4,8m	24,2	21,4	22,9
Serre cabrio 4,8m	22,6	20,8	42,1
Contre le vent 9,6m	24,0	21,5	20,6
Dos au vent 9,6m	25,1	21	30
Deux versants 9,6m	24,6	21,6	20,6
Contre le vent 12,8m	24,4	21,5	18,1
Dos au vent 12,8m	24,4	21,5	19,7
Ouverture alternée 12,8m	23,8	21,2	23,6

Étonnamment, la poutre en treillis de 12,8m de long avec deux chapelles et une ventilation à un seul versant a un taux de renouvellement d'air pratiquement identique à celui d'un cas de figure avec ouverture contre le vent et dos au vent. La différence entre la ventilation à un seul versant avec largeur de chapelle de 4,8m ou de 9,6m ou de 12,8m pour une ventilation contre le vent est minime en terme de taux de renouvellement d'air

3.2. Sans vent

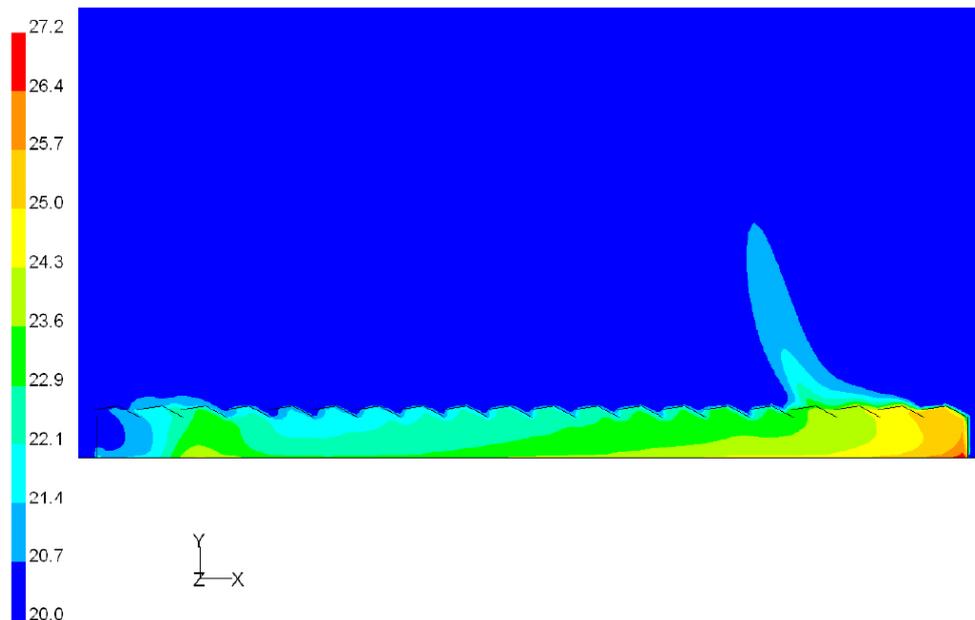


Figure 16
Répartition de la température dans un système à ventilation à un seul versant sans vent.

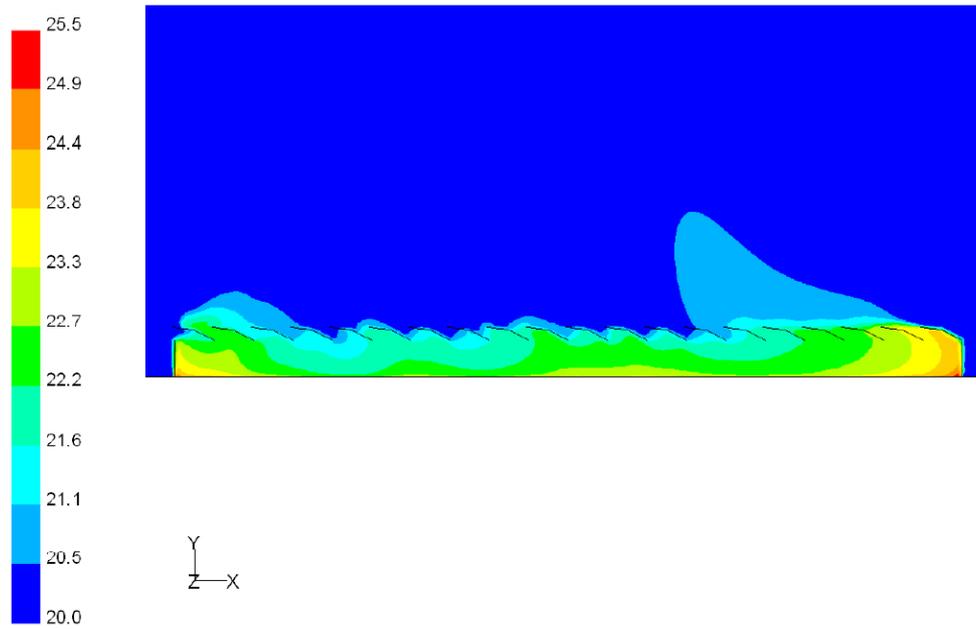


Figure 17
Répartition de la température dans un système à ventilation à un seul versant sans vent, dans un cas de figure où le châssis est plus amplement ouvert.

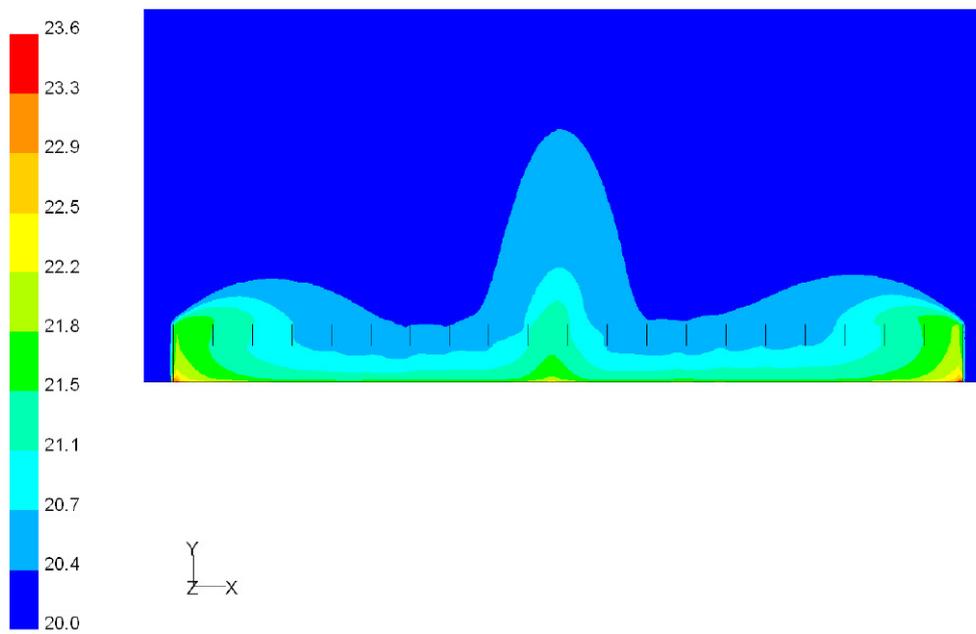


Figure 18
Répartition de la température dans la serre cabrio sans vent

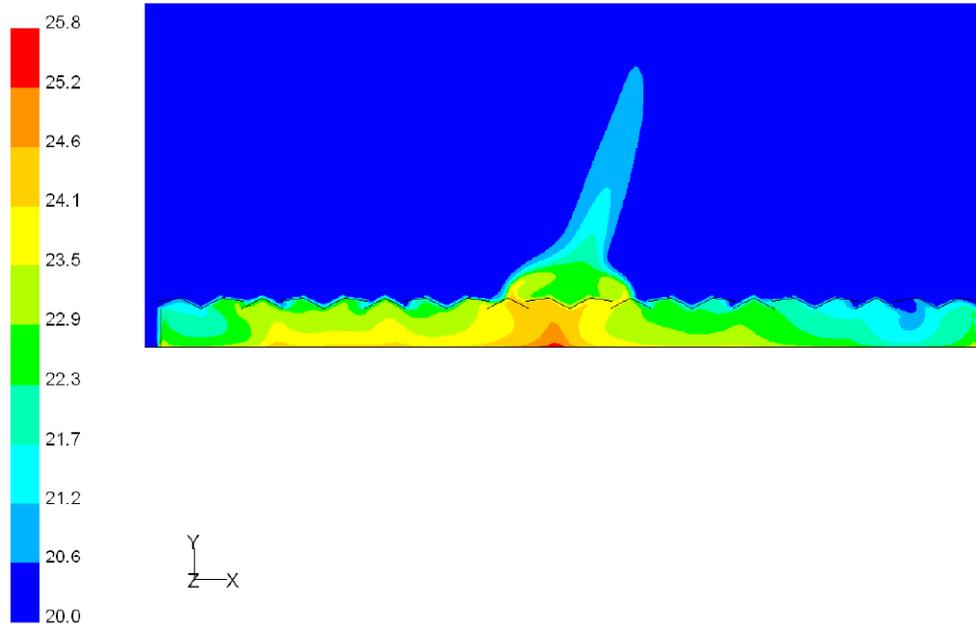


Figure 19
Répartition de la température dans un système avec ouverture alternée des châssis sans vent.

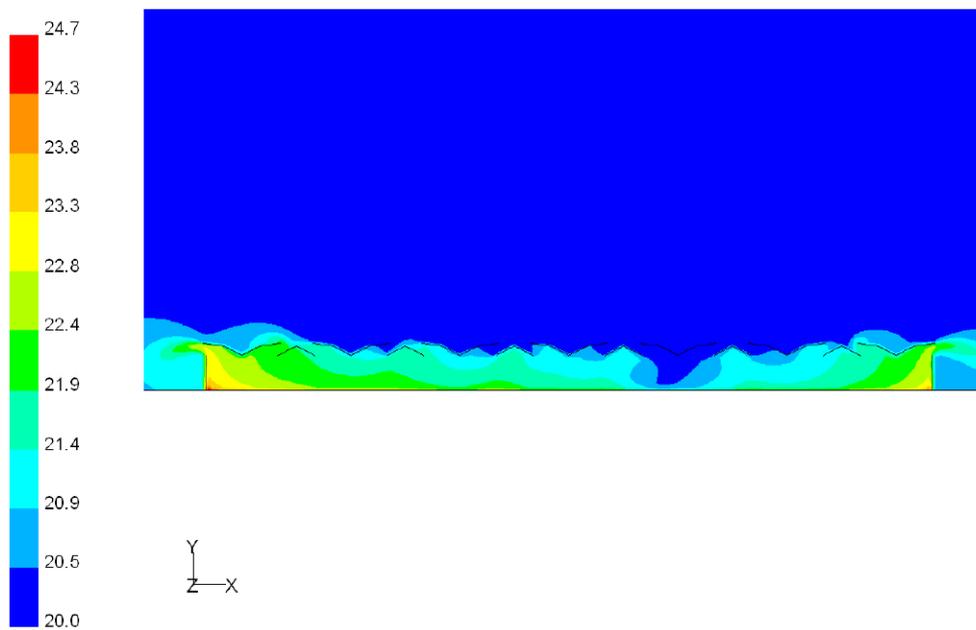


Figure 20
Répartition de la température dans un système avec ouverture alternée et plus ample des châssis sans vent.

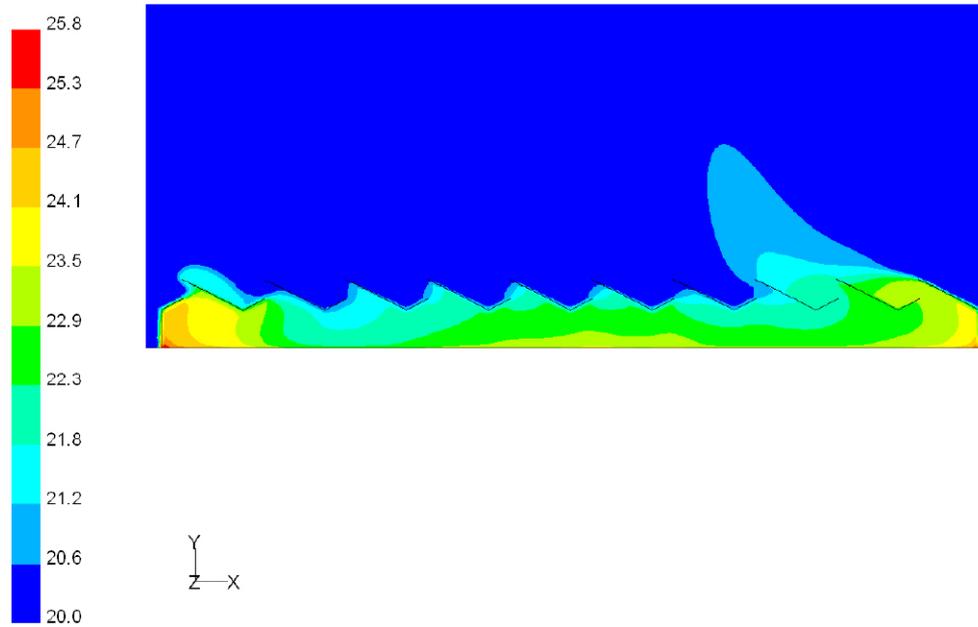


Figure 21
Répartition de la température dans une serre avec une chapelle de 9,6m sans vent avec ventilation à un seul versant.

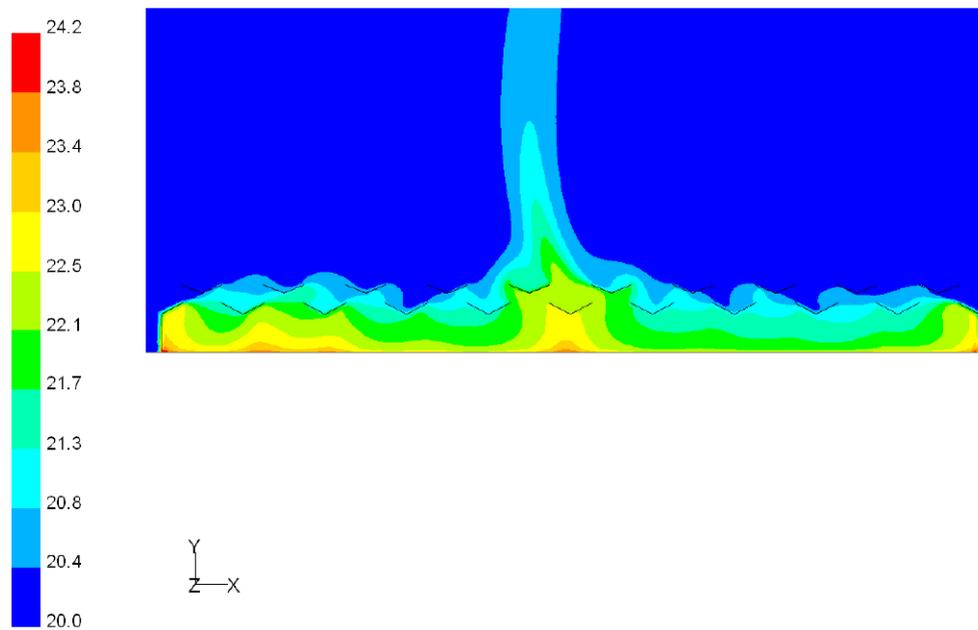


Figure 22
Répartition de la température dans une serre avec une chapelle de 9,6m sans vent avec ventilation aux deux versants.

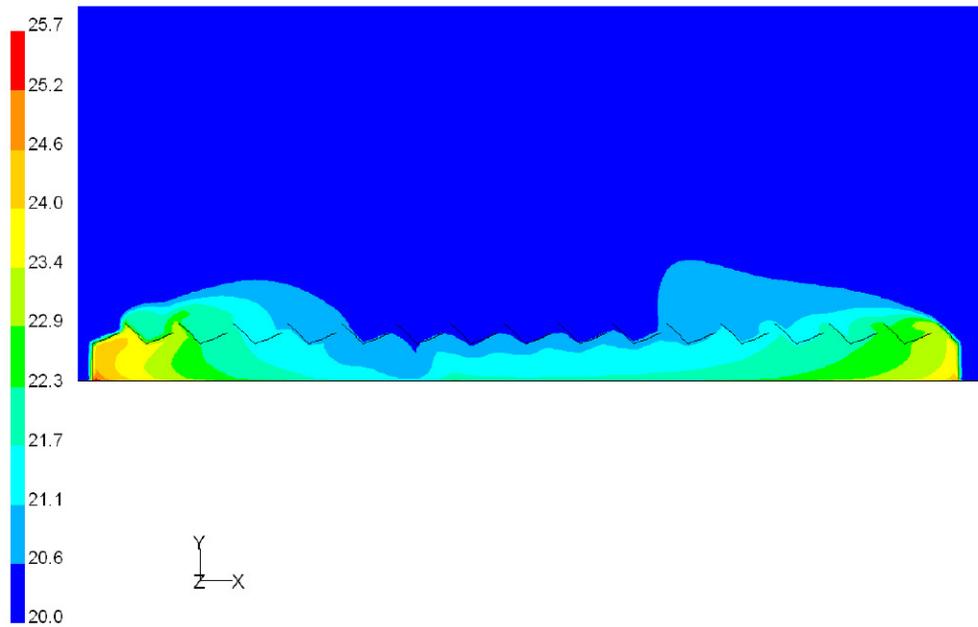


Figure 23
Répartition de la température dans une serre avec une poutre en treillis de 12,8m de long sans vent avec ventilation à un seul versant.

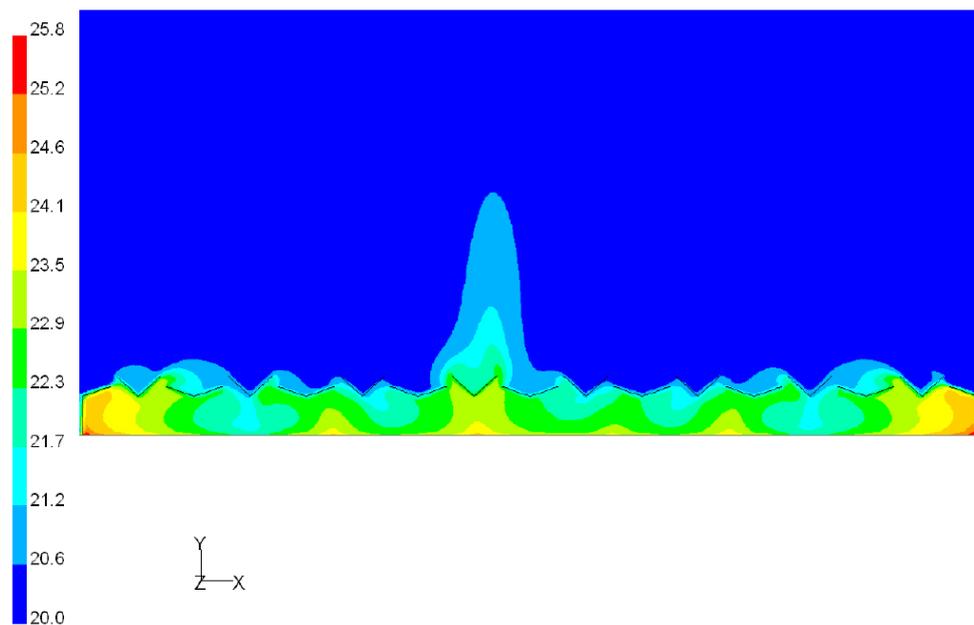


Figure 24
Répartition de la température dans une serre avec une poutre en treillis de 12,8m de long sans vent avec ouverture alternée des châssis

Tableau 2

La température maximale, la température moyenne et le taux de renouvellement d'air pour les différents cas de figure sans vent

	T ° maximum	T ° moyenne	Taux de renouvellement d'air h ⁻¹
4,8m	27,2	23,3	9,1
Amplitude large 4,8 m	25,5	22,4	12,6
Ouverture alternée 4,8m0	25,8	23,1	10,0
Ouverture alternée plus ample 4,8m	24,7	21,6	18,1
Serre cabrio 4,8m	23,6	21,2	26,7
9,6m	25,8	22,5	11,6
Deux versants 9,6m	24,6	22,0	15,9
Un seul versant 12,8m	25,7	22,0	14,7
Ouverture alternée 12,8m	25,8	22,7	10,3

En l'absence de vent, le système de châssis avec variation d'amplitude avec chapelle de 4,8m fonctionne mieux que dans le système avec une poutre en treillis de 12,8m de long. Donc si la ventilation est ouverte au niveau de la gouttière, l'ouverture alternée fonctionne différemment que dans le cas où le faîte est ouvert.

5. Conclusions

- L'ouverture alternée des châssis ventile moins bien que le système à ventilation à un versant avec châssis dont les charnières sont fixées au faîte.
- La température maximale dans la serre est également supérieure dans le cas de figure de châssis à ouverture alternée.
- Comme prévu, dans tous les cas, la ventilation est la meilleure dans la serre cabrio, même en l'absence de vent.
- En présence de vent, le taux de renouvellement d'air d'un système à deux versants avec une chapelle de 9,6m est identique au système de ventilation contre le vent.
- La répartition de la température et le taux de renouvellement d'air sont comparables dans une serre avec une chapelle de 4,8m et de 9,6m dans le cas de figure d'une ventilation contre le vent, tandis que dans le cas d'une ventilation dos au vent, la température maximale est supérieure dans une serre avec une chapelle de 9,6m.
- Le taux de renouvellement d'air de la chapelle de 4,8m avec châssis à ouverture alternée, est, en l'absence de vent, égale à la situation avec du vent. La faible température maximale est atteinte, lorsqu'il n'y a pas de vent pour ce type de serre.
- Le système avec poutre en treillis de 12,8m de long et deux chapelles et ventilation à un seul versant affiche une taux de renouvellement d'air quasi identique au système à ventilation contre le vent ou dos au vent.
- Le système de ventilation à ouverture alternée des châssis dans un cas de figure avec une poutre en treillis de 12,8m, toit ouvert, ne présente aucun avantage par rapport à la ventilation à un seul versant.

Les caractéristiques de ventilation d'une serre Venlo se calculent grâce aux formules suivantes :

$$G(\theta) = \frac{\phi_v}{u A_0} \quad 1)$$

Où ϕ_v est le flux en m^3/s , u la vitesse du vent en ms^{-1} et A_0 est la surface des châssis en m^2 .

Ce qui donne pour la ventilation contre le vent :

$$G_l(\theta) = 2.29 \cdot 10^{-2} \left[1 - \exp\left(-\frac{\theta}{21.1}\right) \right] \quad 2)$$

Où θ est l'angle d'ouverture du châssis en degrés.

Ce qui donne pour la ventilation dos au vent :

$$G_w(\theta) = 0.0019\theta \exp\left(-\frac{\theta}{211.1}\right) \quad 3)$$

Le taux de renouvellement d'air peut ensuite être calculée en divisant le flux de ventilation par le volume de serre en m^3 par châssis.

Une serre Venlo avec une hauteur de colonnes de 4,5m et des châssis de 2,5 sur 1,2m par $20m^2$ de surface de serre et une vitesse de vent de 4m/s affiche un taux de renouvellement d'air contre le vent de 9,7 h_{-1} et dos au vent de 14,7 h_{-1} .