

Production sous serre : problématiques actuelles et dernières innovations

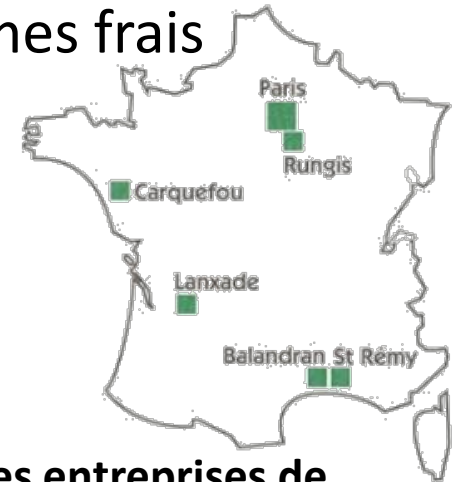
Ariane Grisey
grisey@ctifl.fr



Le Ctifl

Centre technique interprofessionnel des fruits et des légumes
Au service de la filière fruits et légumes frais

- Créé en 1952, centre technique de droit privé
- 283 personnes
- Budget de 23 M€ (70 % provenant d'une taxe affectée sur la vente des fruits et légumes)



Mission : Améliorer les performances et la compétitivité des entreprises de toute la filière fruits et légumes (de la graine au magasin)

- Expertise technique et économique
- Activités de recherche et d'innovation
- Formation et Animation
- Diffusion d'informations

Problématiques travaillées :

- Réduction des intrants : phytosanitaire, eau, énergie
- Matériel végétal
- Biodiversité
- Qualité et Post Récolte



Pourquoi produit-on sous serre ?

- Protéger les cultures des aléas climatiques
- Exploiter le rayonnement solaire naturel
- Premières serres :
 - Premiers abris dès l'antiquité
 - Serre en papier huilé en Chine au XI^{ème} siècle
 - Premiers abris vitrés en Europe type Orangerie entre le XV^{ème} et XVII^{ème} siècle
 - Début du XIX^{ème} siècle : serre à large surface vitrée

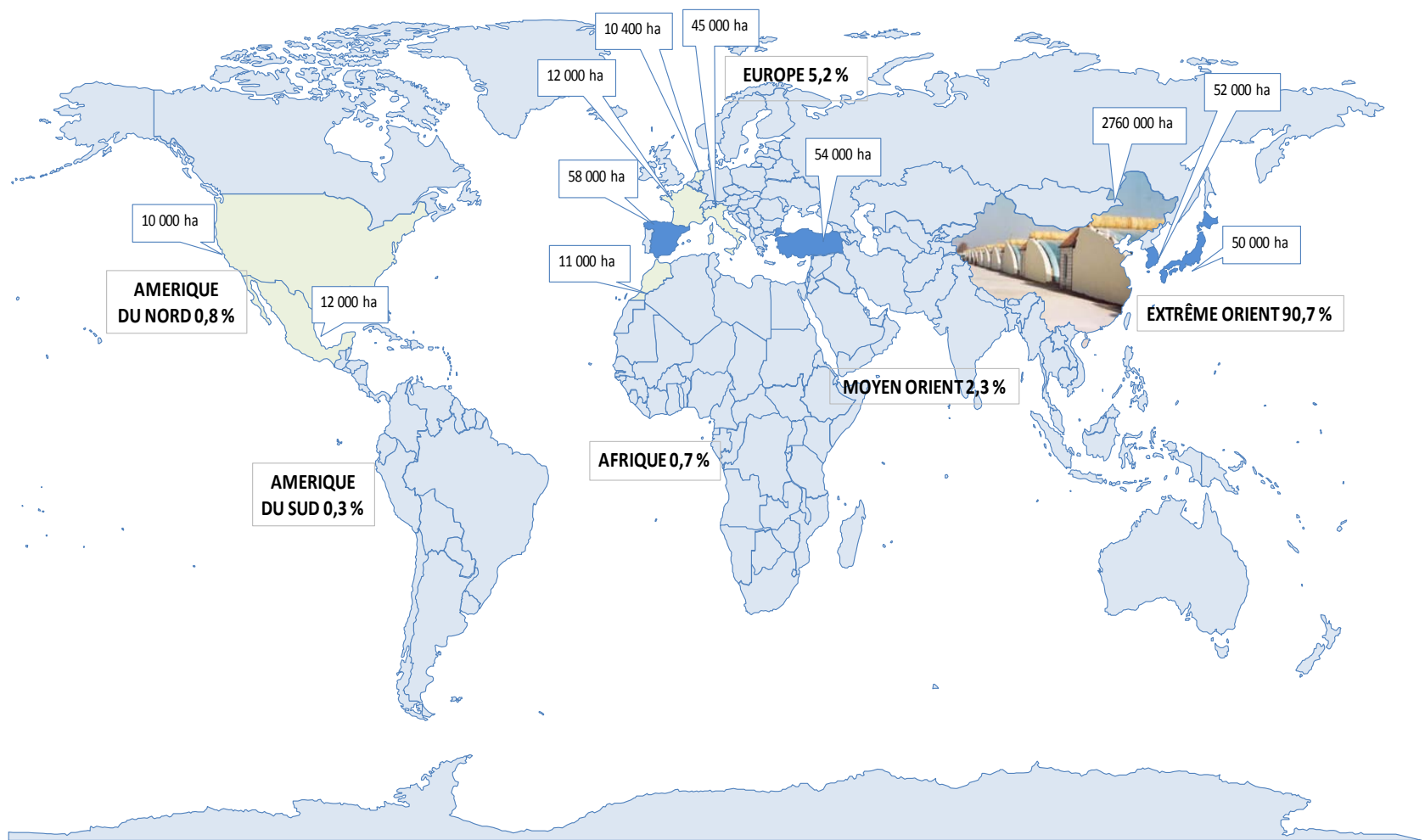


Pourquoi produit-on sous serre ?

- **Demande croissante de produits**
- La serre a permis d'allonger les calendriers de production ainsi que d'optimiser les rendements
- Mise en place de systèmes de chauffage pour assurer une production régulière et améliorer la précocité
- **Serres chauffées et hors sol : optimisation des abris**
- Plusieurs avantages :
 - Meilleure gestion climatique
 - Meilleure gestion phytosanitaire
 - Meilleure gestion de l'irrigation : $\text{efficience} \times 3 \text{ (kg}_{\text{tomate}}/\text{L}_{\text{eau}})$



Surface des abris dans le monde



4 000 000 ha

Source : EuroStat, Statistiques agricoles, Greensys 2013

Parc français des serres chauffées

- 1054,4 ha de serres chauffées :

→  = 87 % des surfaces

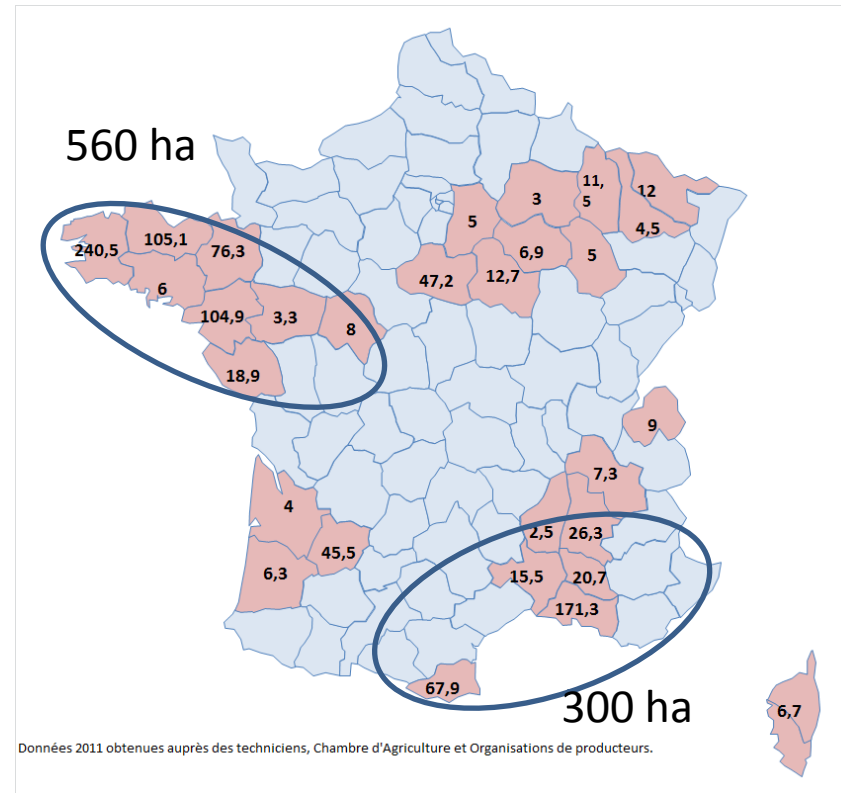
→  = 13 % des surfaces

→ 93 % des surfaces en serre verre

- Production :

→  = 406 000⁽¹⁾ tonnes

→  = 99 450⁽¹⁾ tonnes



Surface de serres chauffées tomate et concombre
(hors gel exclus) - Etude Ctifl 2011

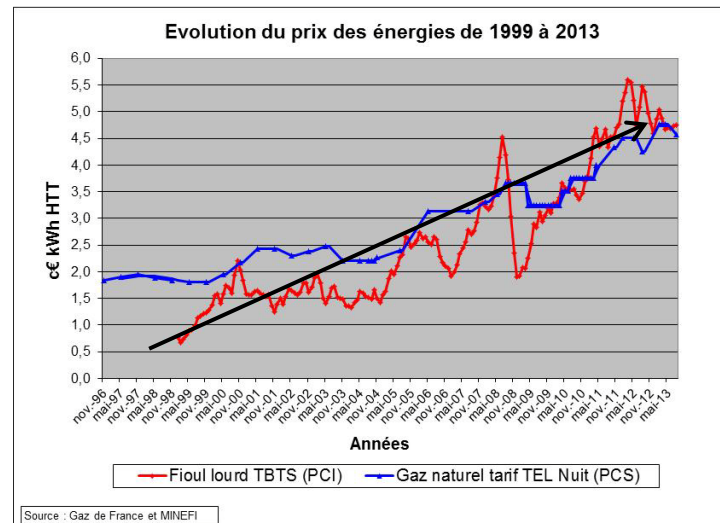
⁽¹⁾ estimation Ctifl (données 2010)



Contexte énergétique des serres chauffées



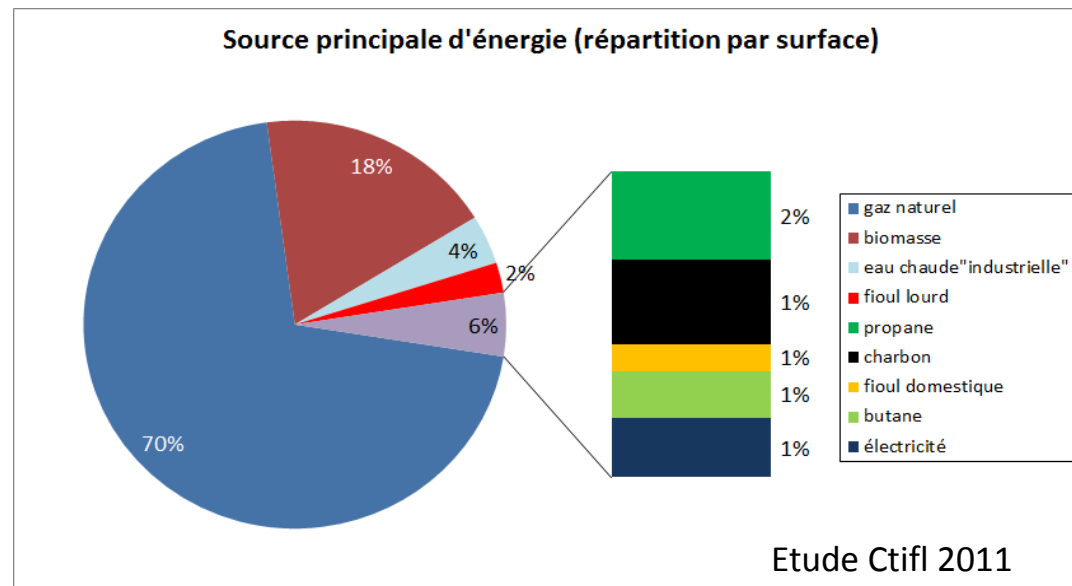
- Le poste énergie représente 20 à 40 % des coûts de production (2^{ème} poste après la main d'œuvre)
- Filière fortement touchée par la crise énergétique
- Contexte environnemental de plus en plus important avec la prise en compte des gaz à effet de serre



Contexte énergétique des serres chauffées



- Consommation moyenne énergétique d'une serre : 297 kWh/m²/an⁽¹⁾
- Le gaz naturel est utilisé sur 70 % des surfaces



→ 26 % des surfaces en cogénération (gaz)

→ Forte augmentation des surfaces chauffées avec la biomasse : × 7 en 5 ans

→ Eau chaude industrielle : × 8 en 5 ans

(1) Etude Ctifl 2011 : chauffage et électricité



Contexte énergétique des serres chauffées

-  Baisse de la consommation énergétique (- 7 %) par la mise en place d'équipements qui ont permis de réaliser des économies d'énergie
 - Ecran thermique : la surface des serres équipées $\times 2$ en 5 ans
 - Ballon de stockage : augmentation des surfaces (de 60 % à 71 %)
- 3,1 TWh (270 ktep) : 0,57Mtonne eq. CO₂⁽¹⁾

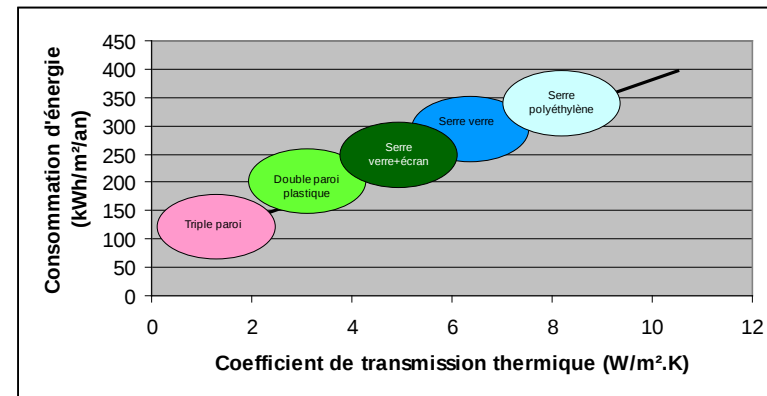


⁽¹⁾ bilan carbone V6 de l'ADEME : à partir des consommations énergétiques en prenant en compte les émissions issues de la combustion et en amont

Enjeu

- Réduire la dépendance aux énergies fossiles : utilisation du bois, biogaz, rejets thermiques, réseau de chaleur, géothermie
- Réduction des déperditions thermiques de la serre :

→ Améliorer l'isolation de la serre,
→ Tester un matériau innovant.



- Nouvelle génération de serre : Projet serre capteur d'énergie (serre semi fermée) → optimisation de la gestion climatique



Projet serre capteur d'énergie 2007-2012

Serre construite en 2009

Surface des compartiments = 1000 m²

Serre de type Venlo : hauteur 6,3 m avec ouvrants continus

Isolation

Double écran thermique

Serre double paroi F-Clean®

Echangeurs thermiques air/eau

Déshumidificateurs industriels

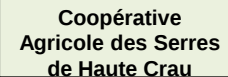
Stockage thermique en aquifère

Multichapelle "F-Clean®"

Multichapelle "Témoin"

Multichapelle "serre capteur"

Energie alternative



Hypothèses de calcul du projet

- Pour chaque solution testée, calcul du temps de retour moyen sur investissement

Energie	Prix avec abonnement en c€ /kWh HT au 1 ^{er} janvier 2012	Facteurs d'émission (avant amont) kg équ. CO ₂ par kWh ⁽¹⁾
Gaz naturel tarif « Tel Nuit niveau 1 »	4,34 (dont 4,5 l'hiver* et 3,4 l'été*)	0,231
Electricité : tarif « Vert EJP »	5,7 (dont 6,7 l'hiver* et 4,9 l'été*)	0,048

*hiver : novembre à mars inclus

*été : avril à octobre inclus

Consommation énergétique moyenne des serres (kWh PCS/m ²)	Prix du CO ₂ Liquide (€/t)	Prix de la tomate (€/kg)
333	100	1

(1) Bilan carbone® V6 Ademe

RESULTATS : ISOLATION

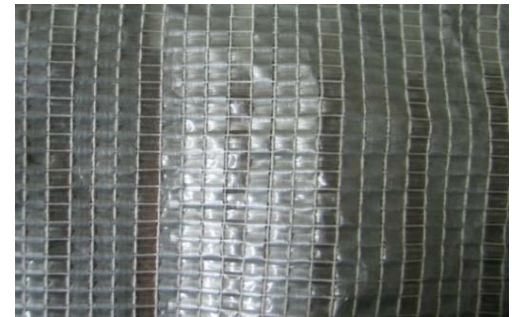
- Double écran thermique

→ **12 %** d'économie d'énergie supplémentaire /simple écran

→ *Eligible au dispositif des Certificats d'économies d'énergie (JO du 14 décembre 2011)*

→ *Retour sur investissement : 4 ans*

→ *Emissions de CO₂ évitées : 8,3 kg/m²*



RESULTATS : ISOLATION

- Serre F-Clean[®] : double paroi en toiture et en pignon, une paroi en plastique diffus (100 µm et 60 µm)

→ 2000 ha au Japon

→ Durée de vie : 15-20 ans (garantie 10 ans par le fabricant)

→ Transmission lumineuse > verre de 6 à 8 %

→ **20 %** d'économie d'énergie (avec écran /SV avec écran)

→ Rendement supérieur de **10 %**

→ *Retour sur investissement : 6 ans (changement de couverture)*

→ *Emissions de CO₂ évitées : 13,9 kg/m²*



SYSTEMES ALTERNATIFS

- Déshumidificateurs thermodynamiques :

→ La gestion de l'humidité en serre représente 20 à 30 % de la facture énergétique (chauffage et aération).

→ Intérêt d'avoir des systèmes alternatifs

→ Plusieurs essais menés au Ctifl de Carquefou (Nantes) / Balandran (Nîmes) et au CATE (Saint Pol de Léon)

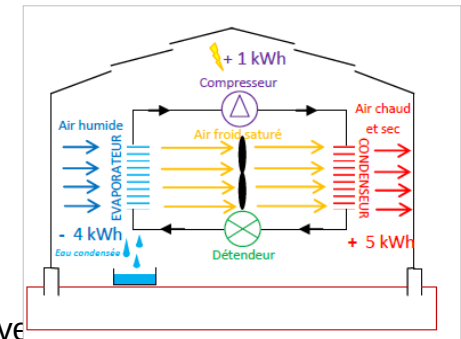
→ **15 %** d'économie d'énergie

→ *Retour sur investissement : 5 ans*

→ *Emissions de CO₂ évitées : 10 kg/m²*

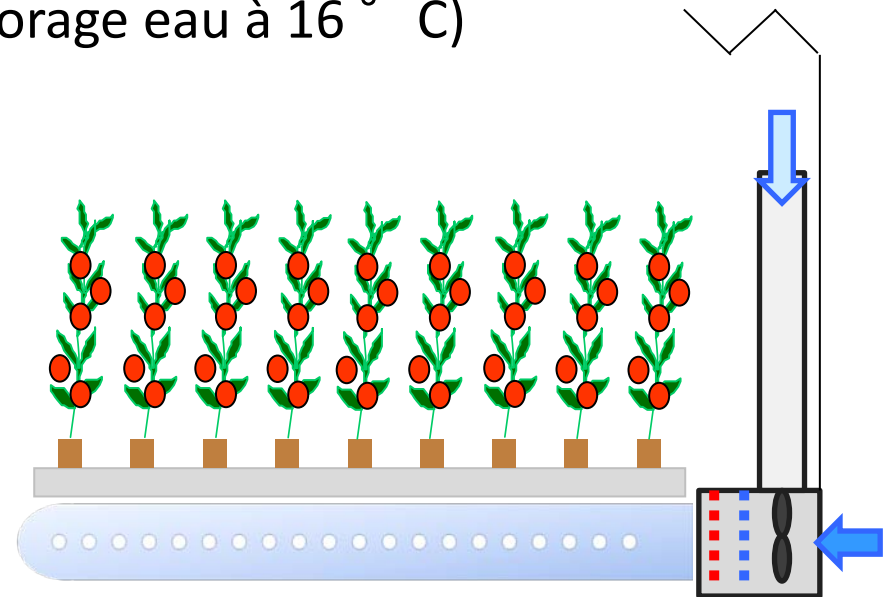
→ Certificat d'économies d'énergie prévu pour le 12^{ème} arrêt (nov 2013)

- Déshumidification par échangeur double flux (en paroi de serre)



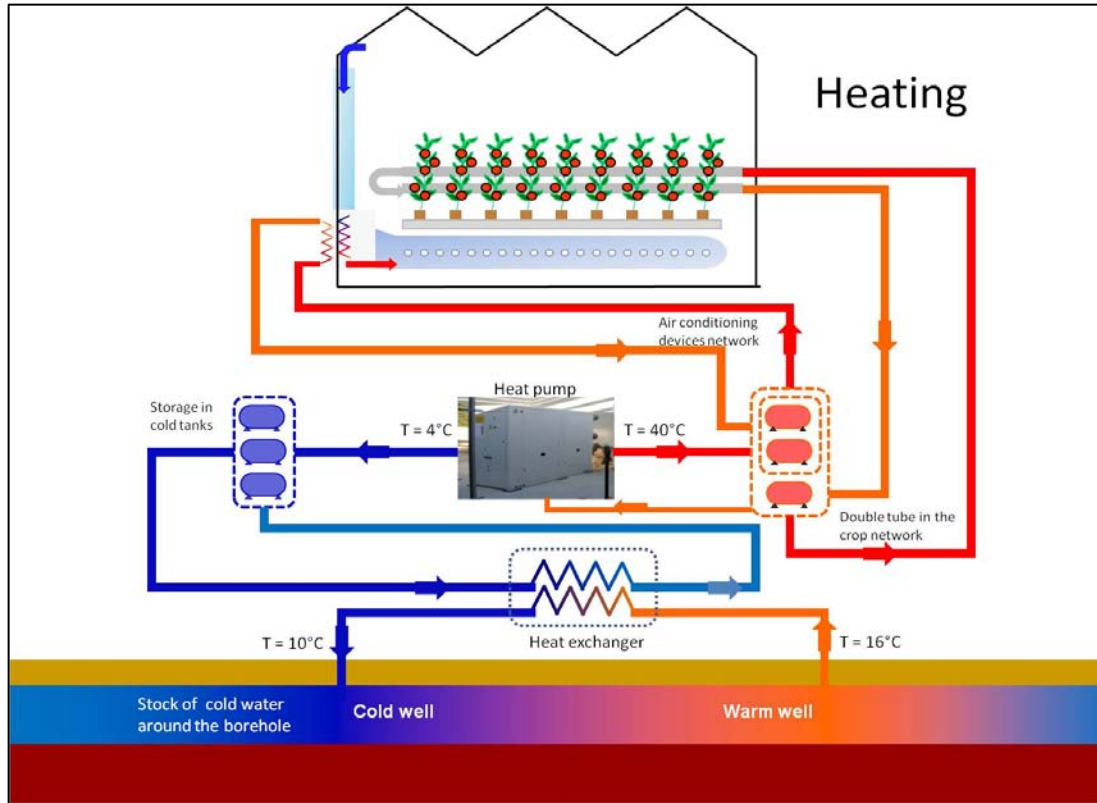
SERRE SEMI-FERMEE

- Optimisation de la gestion climatique et de la culture
- Fonctionnement :
 - Chauffage de la serre avec de l'air et de l'eau
 - Utilisation d'eau à basse température (valorisation possible de rejets industriels)
 - Déshumidification par les échangeurs et prise d'air extérieur
 - Refroidissement possible (forage eau à 16 ° C)



SERRE SEMI-FERMEE

• Schéma du système et caractéristiques



- PAC eau/eau, de marque Trane :
 $P_{\text{calorifique}} = 287 \text{ kW}$,
 $P_{\text{frigorifique}} = 237 \text{ kW}$,
 $P_{\text{absorbée}} = 50 \text{ kW}$.
- 6 Ballons de stockage de 30 m^3 chacun.
- 2 forages réversibles : débit $50 \text{ m}^3/\text{h}$.
- 2 échangeurs à plaques pour séparer les 2 circuits hydrauliques
- Pilotage ISII Hoogendoorn.

→ Puissance de chauffage : 190 W m^{-2} (moyenne 80 W m^{-2})

→ Puissance de refroidissement : moyenne 110 W m^{-2}

→ Taux de brassage : $35 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ ($5,5 \text{ Vol/h}$)

SERRE SEMI-FERMEE

- Comparaison réalisée

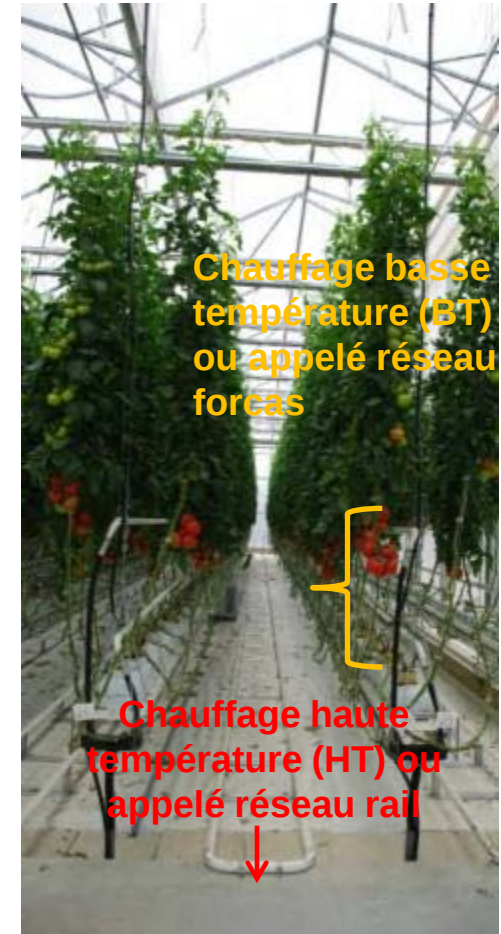


Serre semi-fermée

Mode chauffage : échangeurs et chauffage BT (avec PAC)

Mode refroidissement : échangeurs (avec forage et air extérieur)

Mode déshumidification : utilisation des échangeurs et de l'air extérieur



Serre Témoin

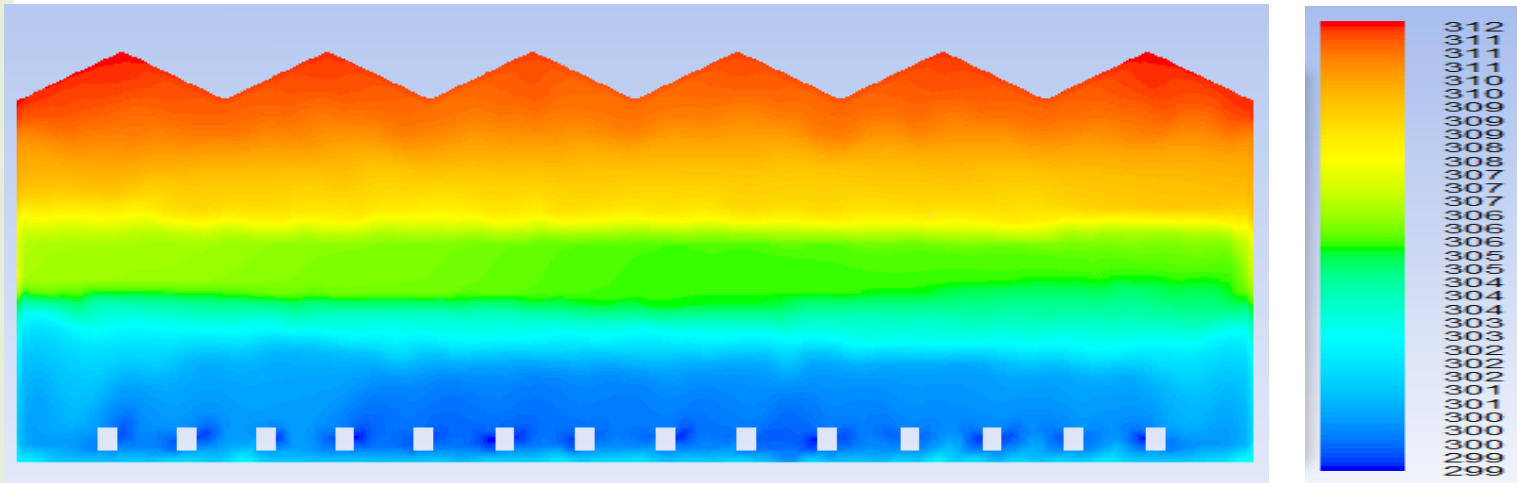
Mode chauffage : réseaux BT et HT

Mode refroidissement : aération

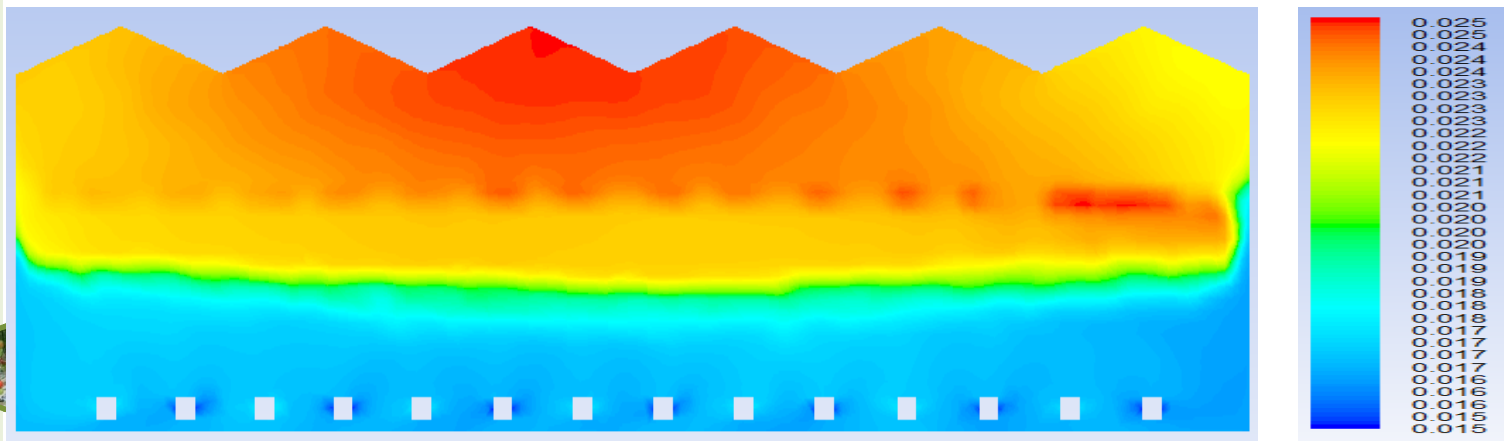
Mode déshumidification : réseau BT et aération

SERRE SEMI-FERMEE

- Computational Fluid Dynamics (INRA)



Temperature (K)



Humidité (kg/kg_{dry_air})



SERRE SEMI FERMEE

- Résultats :

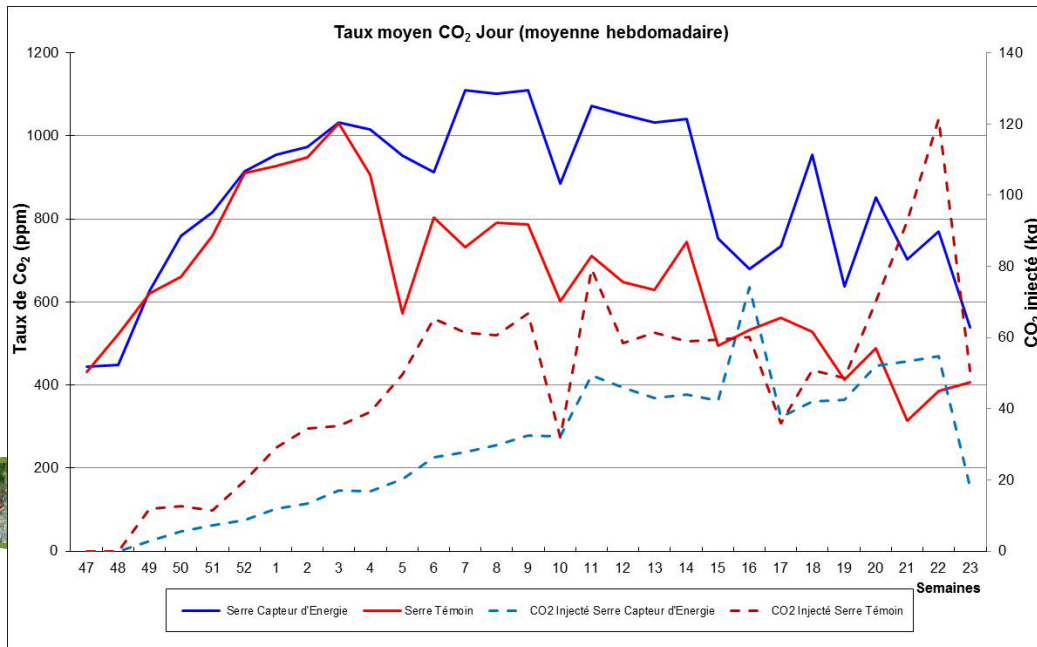
- Meilleure gestion climatique

- Optimisation de l'injection de CO₂ : quantité injectée inférieure de 40 %

- Augmentation du rendement de 20 % : 55 kg/m²

- Economie d'énergie de 40 % en hiver et 25 % sur la campagne

- Meilleure efficacité énergétique : × 1,7 / serre témoin



Pompes et ventilations
53 % =
85 kWh/m²

PAC
47%

SERRE SEMI FERMEE

- Résultats :

→ Economie d'engrais : - 8 %

→ Meilleure efficacité en eau : $\times 1,5$ / serre témoin

→ La serre est un bon capteur d'énergie mais stockage en aquifère complexe

→ Retour sur investissement : 9 ans

→ 43 kg/m² émissions directes et indirectes évitées

- Environ 130 ha de serres semi fermées dans le monde

- Perspectives:

→ Serre Ultra Clima® (Kubo) en construction sur le centre Ctifl de Carquefou

→ Test de la serre semi-fermée avec semis de juillet sur le centre Ctifl de Balandran : aspects phytosanitaires



AUTRES INNOVATIONS

- 1^{er} poste : main d'œuvre, fort enjeu pour les serristes → robotisation : projet européen en cours
- Couplage serre et panneaux photovoltaïques
 - Culture à adapter
 - 82 ha (données Ctifl)
 - Prix de rachat de l'électricité qui n'est plus incitatif
 - Cellule sur film transparent?
- Serre « dans la ville »



CONCLUSION

- **Les serres assurent la très grande majorité de la production en légumes frais** (tomate, concombre, poivron, melon, courgette, aubergine)
- **Des perspectives en termes d'économie d'énergie sous serre :**
 - système de chauffage à plus basse température (utilisation d'eau chaude issue de process industriels),
 - amélioration de l'isolation thermique,
 - adaptation de dispositifs aérauliques / air extérieur.
- **Une optimisation de ces systèmes encore nécessaire :**
 - aboutir à des solutions plus simples,
 - faisables d'un point de vue technique et économique,
 - avant d'envisager leur développement dans les exploitations serristes.
- **Amélioration de la durabilité des serres**



MERCI DE VOTRE ATTENTION

