



# Choix des structures et des équipements

Formation Climax Conseils et Gobeil Dion & Associés

  
**GOBEIL DION & ASSOCIÉS INC**  
Ingénierie, énergie & environnement



Choisir une serre, c'est comme choisir une maison; il y a autant de possibilités qu'il y a de besoins et de moyens

# Partie 1 : Structures et équipements

# CHOISIR SA STRUCTURE



*Tunnel*



*Serre gothique jumelée*



*Serre gothique individuelle*



*Serre Venlo*

# Superficie : définition des types d'installations

Type d'installation	Superficie
Serre individuelle	+/- 300 m <sup>2</sup>
Serres jumelées	800-3 000 m <sup>2</sup>
Complexe de serres	10 000 m <sup>2</sup>
Grand complexe	50 000 m <sup>2</sup>

# Structures

- Serre individuelle



Source : GDA et Climax Conseils

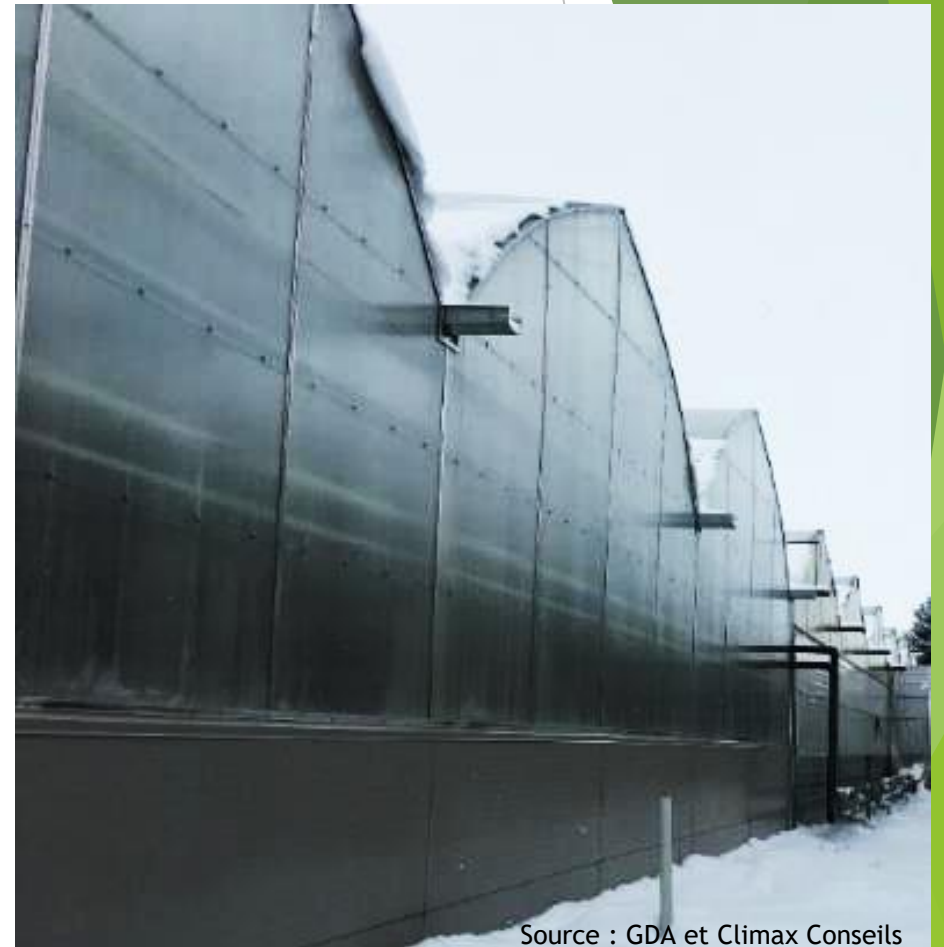
# Structures

## ➤ Serres jumelées



# Structures

- Complexe de serres



Source : GDA et Climax Conseils



# Structures

- Grand complexe



Source : GDA et Climax Conseils

# La production en environnement contrôlé : Comment choisir ?

- Capacité de financement ;
- Marché visé :
  - Détail ;
  - Détaillant ;
  - Grossiste et/ou chaîne.
- Saison de production ;
- Choix des cultures.

# Capacité de financement vs coût des installations

Type d'installation	m <sup>2</sup>	\$/m <sup>2</sup> **	\$
Serre individuelle	300	200,00\$	60 000 \$
Serres jumelées	800	400,00\$	320 000 \$
Complexe de serre	10 000	650,00\$	6 500 000 \$
Grand complexe	50 000	350,00\$	17 500 000 \$

\*\*Ajouts possibles

Adapté de GDA et Climax Conseils

# Capacité de financement vs coûts des installations

- Options pour la serre :
  - Ajouter 50-150\$/m<sup>2</sup> pour biomasse ;
  - Ajouter 100-150\$/m<sup>2</sup> pour HPS ;
  - Ajouter 200-250\$/m<sup>2</sup> pour DEL.

# Marché visé

Type d'installation	Détails	Détaillants	Grossistes	Chaînes	Autres
Serre individuelle	X	x			X
Serres jumelées	X	X	X		X
Complexe de serre			X	X	X
Grand complexe			X	X	X

# Calendrier de production en fonction du type d'installation

Type d'installation	Saisonnier	Annuel (sans éclairage)	Annuel (avec éclairage)
Serre individuelle	X	Verdure	Laitue-Fraise
Serres jumelées	X	X	X
Complexe de serre		X	X
Grand complexe			X

# Choix des cultures en fonction du type d'installation

Type d'installation	Tomate	Concombre	Poivron	Aubergine	Légumes- feuilles/ F. Herbes	Fraise
Serre individuelle	X	X	X	X	X	X
Serres jumelées	X	X	X	X	X	X
Complexe de serre	X	X	X		X	X
Grand complexe	X	X	X		X	X

# Choix des structures sur une base opérationnelle et fonctionnelle

Technologie	Critère	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Jui	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Dec
Serre jumelée ≥ 800m <sup>2</sup>	Chauffage	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
	Main-d'œuvre	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
	Gestion	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
	Rendement	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
	Éclairage artificiel	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
Serre individuelle culture basse	Chauffage	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
	Main-d'œuvre	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
	Gestion	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
	Rendement	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
	Éclairage artificiel	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
Serre individuelle culture haute	Chauffage	Red	Red	Red	Red	Orange	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Red
	Main-d'œuvre	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
	Gestion	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
	Rendement	Red	Red	Red	Red	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
	Nombre d'équipements	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
	Compartimentation	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green

Favorable, moins favorable, défavorable, peu recommandable, à éviter



# Structure : Hauteur

## *Pourquoi la hauteur est-elle importante?*

- ▶ Permet:
  - ▶ Une meilleure inertie thermique
  - ▶ L'utilisation de certaines technologies (ex: éclairage, circulateurs, etc.)
  - ▶ Des économies de main-d'œuvre
  - ▶ Faire un tampon entre l'air froid et la culture en hiver
  - ▶ Permet à la culture de se situer dans la zone froide du gradient de température en été
    - ▶ Serres des régions chaudes (Leamington) sont plus hautes que les serres des régions froides (Québec)

# Structure : Hauteur

## *Différentes hauteurs de serre (à la gouttière)*

### Hauteur fonctionnelle de la culture

- ▶ Poivrons: 6 à 27'
  - ▶ Concombres: 7 à 21'
  - ▶ Tomates: 10 à 21'
  - ▶ Laitue: 12 à 18'
- 
- ▶ Climat à la tête des plants  
Uniformité de la luminosité



# Structure : Hauteur

## En fonction des cultures

- Hauteur des cultures
  - **Basse:** Laitue, fraise, concombre parapluie poivron (cédule courte)
  - **Haute :** Tomate, concombre abaissé, poivron (cédule longue)
  - Quelle hauteur avez-vous besoins selon vos technologies?
  - Avez-vous besoin de chariots électriques pour travailler en hauteur?
    - Compromis de hauteur
      - Compromis d'ergonomie
      - Compromis d'agronomie

**Hauteurs minimales désirées de dégagement sous les trust en fonction des cultures et des technologies (12 mois)**

Hauteur (pi)	Tomate	Poivron	Concombre		Laitue Fraise	
			Parapluie	Abaissée		
25						
24						
23						
22		Écran				
21		Plants + HPS				
20	Écran				Écran	
19	HPS				HPS	
18						
17						
16						
15						
14			Écran			
13			HPS			
12	Abaissage				Abaissage Écran	
11	Plants	Plants		Plants		
10					HPS	HPS
9						
8						
7						
6						
5						
4			Plants	Plants		
3	Travaux bas des plants			Travaux bas des plants		
2				Gouttières		
1						

Source : Climax Conseils

## Types de recouvrement - Paramètres

Paramètres	Polyéthylène double	Polycarbonate simple (8 mm)	Polycarbonate double (16 mm)	Verre
Transmission lumineuse (%)	80%	83%	75%	90%
Déperdition thermique (W/m <sup>2</sup> * K )	4,0	3,3	1,9	5,7
Valeur - R (facteur isolant)	1,5	1,7	2,5	0,2
Coûts moyen (\$/pi <sup>2</sup> )	0,35 \$	2,25 \$	4,00 \$	1,10 - 1,50 \$
Économies énergétiques (%)	50% de plus que le polyéthylène simple	20% de plus que le polyéthylène double	30% de plus que le polycarbonate simple	

★ Plus la Valeur R est élevée, plus le matériel est isolant!

## Types de recouvrement - PLASTIQUE POLYÉTHYLÈNE

- ▶ Remplacement au 3-4 ans
- ▶ Polyéthylène double
  - ▶ Transmission lumineuse: 70%
  - ▶ Avec soufflerie
  - ▶ Plus isolant que la couche simple
  - ▶ Bonne diffusion de la lumière
  - ▶ « Bee friendly »
- ▶ Enduits:
  - ▶ IR
  - ▶ Anti-condensation



Toit ouvrant en polyéthylène double

# Isolation - Murets d'isolation

## ► Panneaux isolants avec recouvrement métallique

Caractéristiques	Dimensions
Épaisseur	2-4 pouces
Profondeur	1-2 pieds
Hauteur	3-6 pieds (selon la culture)

### Avantages:

- ↑ Isolation & étanchéité du périmètre
- ↓ Pertes de chaleur des tuyaux radiants

### Inconvénients:

- Nécessite des travaux d'excavation
- Coût: Norlam 4 po - 5,70 \$/pi<sup>2</sup>



Muret d'isolation en panneaux Norlam 3''

## *Isolation - Mur Nord : S'assurer que le mur nord est vraiment au nord!*

- Isolation complète du mur nord et aire de service (mais ne perdez pas le nord)



## Isolation - Périphérie

- ▶ Panneaux polystyrène dans le sol
- ▶ Réduit de moitié les pertes de chaleur au périmètre
  - ▶ Valeur R du périmètre isolé - 2,5 vs 1,2 non-isolé)
- ▶ Résistant à l'humidité





# Isolation - Résumé

- ▶ À retenir:
  - ▶ Valeur R → indicateur du niveau d'isolation
  - ▶ Écrans thermiques
    - ▶ Bénéfiques si la serre permet l'installation
    - ▶ 20-30 % d'économies → PRI souvent de 1 à 3 ans
  - ▶ Isolation (murets et périmètre)
    - ▶ PRI plus rapide pour l'isolation complet du mur nord
    - ▶ Impact plus significatif pour plus petites superficies (ratio périmètre vs superficie totale)
    - ▶ 5-10 % d'économies d'énergie
    - ▶ Indispensable en culture en sol biologique (Plantation avant le 1<sup>er</sup> avril et cultures froides d'hiver)

# Ventilation

## Ventilation naturelle

- ▶ Généralement l'option la moins dispendieuse
  - ▶ Ouvrants de toit
  - ▶ Roll-up
  - ▶ Coté exposé vs coté abrité
  - ▶ Fonction de la lecture du sens des vents

*Dépend du type de serre choisi*



*Ouvrants de toit*



*Ouvertures enroulables (roll-up)*

# Ventilation

## *Ventilation naturelle au toit*

- ▶ Grandeur de l'ouvrant
  - ▶ 15-20 %  $m^2$  ouvrant/ $m^2$  sol jumelée
- ▶ Exposé vs abrité
- ▶ Position de l'ouvrant
  - ▶ Uniformité climatique
  - ▶ Gestion des tempêtes de neige



# Ventilation

## *Ventilation naturelle*

### Les ouvertures enroulables (roll up)

- ▶ Non adapté en conditions froides
- ▶ Visez 25% d'ouverture (largeur d'ouverture/largeur de plancher)
  - ▶ Doit tenir compte de la restriction des moustiquaires
    - ▶ Hauteur des roll-up à prévoir)
- ▶ Crée un effet de vent (ralenti avec les moustiquaires)
- ▶ Attention aux vents dominants par temps chaud
  - ▶ Restriction d'ouverture doit être compensé par de la ventilation mécanique



# Ventilation

## *Ventilation naturelle*

- ▶ Moustiquaires
  - ▶ Obligatoire dans le concombre (chrysome)
  - ▶ Fortement recommandé dans le poivron (punaise terne)
  - ▶ Penser SAS
  - ▶ Réduction de la surface de ventilation
  - ▶ Blocage par la poussière et le pollen



# Ventilation

## *Ventilation mécanique*

- ▶ Option plus dispendieuse
  - ▶ Acquisition et coûts de fonctionnement
- ▶ Nécessaire pour les productions annuelles
  - ▶ Ventilation à pression positive
  - ▶ Système fan-jet
  - ▶ Ventilation par extraction + Louves
    - ▶ À éviter avec les roll-up!

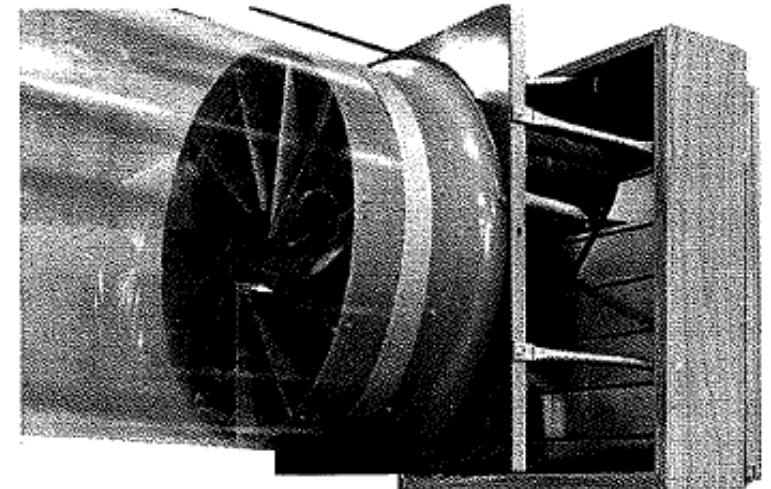
*Dépend du type de serre choisi*



*Extracteur*



*Volets*



*Système fan-jet*

# Ventilation

- ▶ Quel est votre besoin :
  - ▶ Été : Ventilation estivale de canicule ( $3\text{m}^3/\text{m}^2/\text{minute}$ )
    - ▶ Toit
    - ▶ Roll-up
      - ▶ + limitation des vents (pression positive)
    - ▶ Extracteurs
  - ▶ Ventilation par temps froid de jour bien distribué (15 novembre au 1<sup>er</sup> avril) ( $0,3\text{m}^3/\text{m}^2/\text{minute}$ )
    - ▶ Toit
      - ▶ Tempête de neige?
    - ▶ Pression positive ou Fan jet
  - ▶ Ventilation de nuit par temps froid (15 novembre au 1<sup>er</sup> avril) ( $0,05\text{m}^3/\text{m}^2/\text{minute}$ )
    - ▶ Toit
    - ▶ Pression positive ou Fan jet



*Ouvrants de toit*



*Ouvertures enroulables (roll-up)*

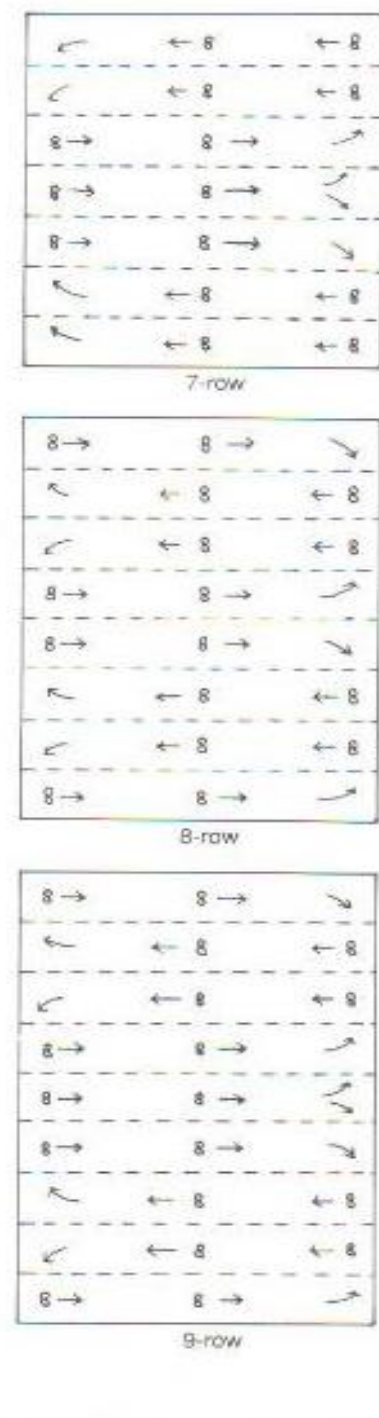
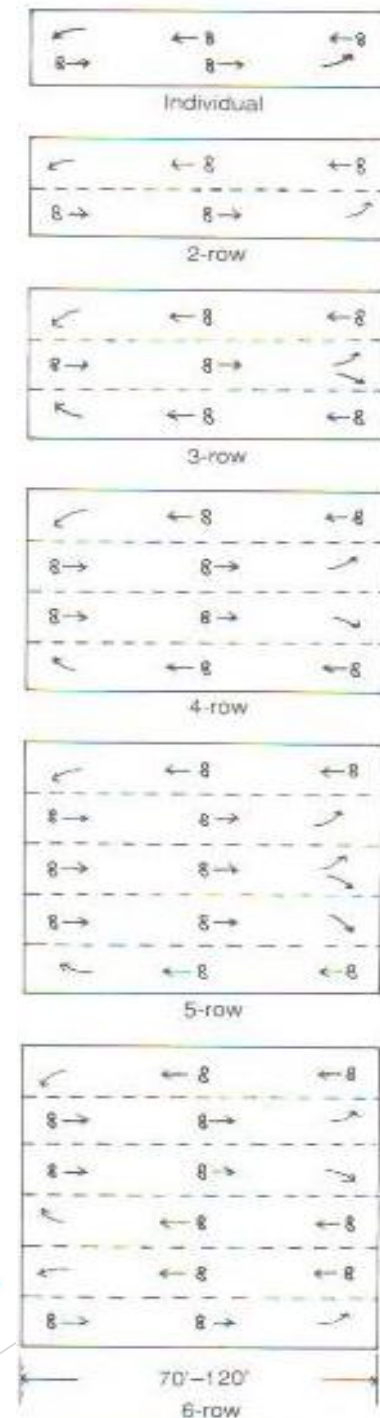
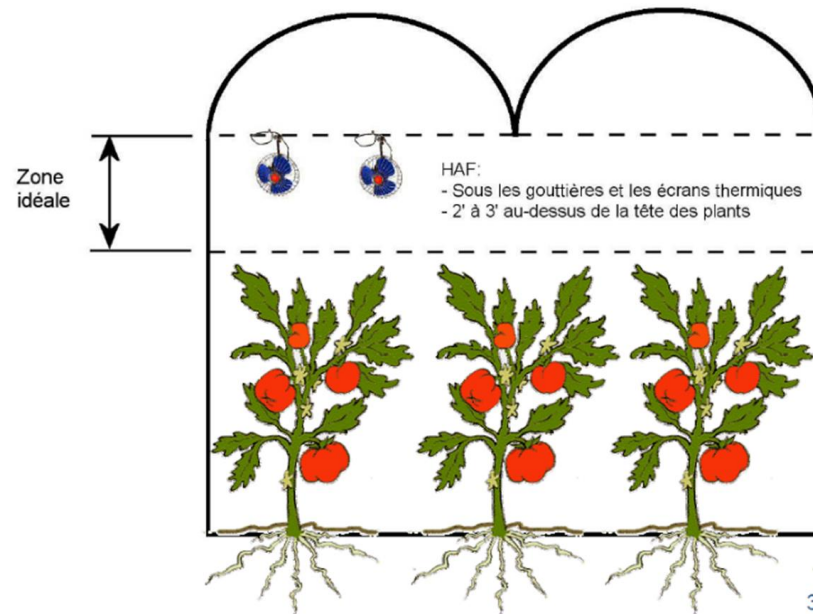
# Ventilation de recirculation

## Horizontal Air Flow (HAF)

- ▶ Homogénéité du climat
- ▶ Besoins
  - ▶ 3 à 4 CFM par pi<sup>2</sup> de plancher de serre
  - ▶ + 50% pour la laitue et incliné vers la culture



HAF





# Ventilation

## *Ventilateurs de recirculation*

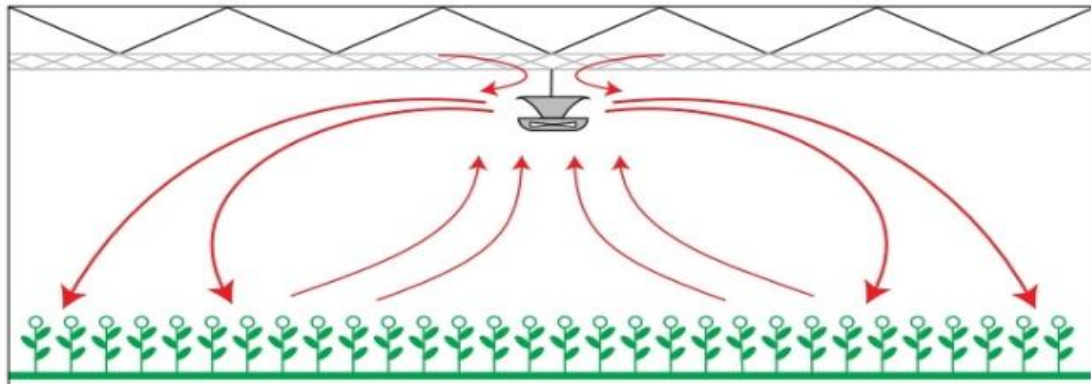
Vertical Air Flow (VAF)



VFlo



Eliturbo



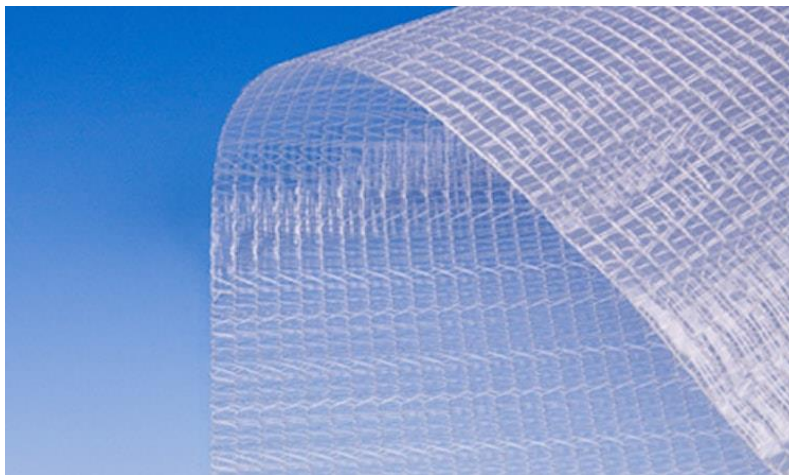
# Structure : Écran thermique



Écran thermique double



Obscura 9950 FR W



Luxious 1547 D FR

# Réduction de la déperdition

## *Écrans thermiques*

- ▶ Toiles composées de languette de plastique et d'aluminium
- ▶ Réduit de 20 à 30% la consommation d'énergie

Types:

### 1. Écrans thermiques

- Isolation du toit et/ou des murs la nuit
- Ombrage lors de chaleur intense

### 2. Écrans clairs (jour)

- Couche thermique
- Haute transmission de la lumière
- Réduction de la condensation sur le verre (climat moins sec en début de saison pour le concombre et le poivron)

### 3. Écrans d'obscurité

- Pour plants nécessitant moins de lumière
- Prévient la pollution lumineuse



Écrans thermiques au toit



Écrans doubles au toit

# Réduction de la déperdition

## *Écrans thermiques*

Coûts approximatifs	Écrans simples	Écrans doubles
Matériel seulement	15 - 20 \$/m <sup>2</sup>	30 - 35 \$/m <sup>2</sup>
Avec installation	± 30 \$/m <sup>2</sup>	± 40 \$/m <sup>2</sup>
Valeur R (facteur isolation)	2,3	2,8



# Réduction de la déperdition

## Écrans thermiques

Demande énergétique	avec écrans	sans écrans	% d'économies
Consommation moyenne (12 mois)	± 650 kWh/m <sup>2</sup>	± 850 kWh/m <sup>2</sup>	± 25 à 35 %
Consommation moyenne (8 mois)	± 230 kWh/m <sup>2</sup>	± 300 kWh/m <sup>2</sup>	± 15 à 25 %

% de réduction grâce aux écrans	
Puissance requise (12 mois)	↓ 25 à 35 %*
Puissance requise (8 mois)	↓ 15 à 25 %

\*50 % de réduction de la puissance avec utilisation d'écrans doubles

# Chauffage

Propane/Gaz naturel - Air chaud

Aérotherme



Fournaise



Source : Gobeil Dion et Ass.

# Chauffage

## Biomasse

### Chaudière (eau chaude)



Source : Gobeil Dion et Ass.

# Chauffage

## Biomasse

### Fournaise (air chaud)



Source : Gobeil Dion et Ass.



# Chauffage

Biomasse - Copeaux = grandes superficies 12 mois

Bâtiment de chaufferie



Entreposage des copeaux



Source : Gobeil Dion et Ass.

# Chauffage

Biomasse - Granules = petites superficies et/ou 9 mois

Entreposage des granules



Source : Gobeil Dion et Ass.

# Chauffage / Distribution

Eau chaude



Air chaud



Source : Gobeil Dion et Ass.

# Distribution de la chaleur

## *Eau chaude*

### ✓ Avantages:

- ▶ Uniformité du climat vertical et horizontal
- ▶ Inertie du climat
- ▶ Compatible avec culture sur gouttière
- ▶ Rails dans les rangs

### ✗ Inconvénients:

- ▶ Coût d'implantation élevé
  - ▶ Soudeur, design d'ingénieur...
- ▶ Temps d'installation



Rails au sol



Tuyaux au périmètre

# Distribution de chaleur

## *Eau chaude*

- ▶ Zones de chauffage possibles
  - ▶ Rail
  - ▶ Périmètre
  - ▶ Fonte de neige (snow pipe)
  - ▶ Dans les plants (growpipe)
  - ▶ Dans le sol (culture biologique)



# Distribution de la chaleur

## *Eau chaude - Réservoir d'hydro-accumulation*

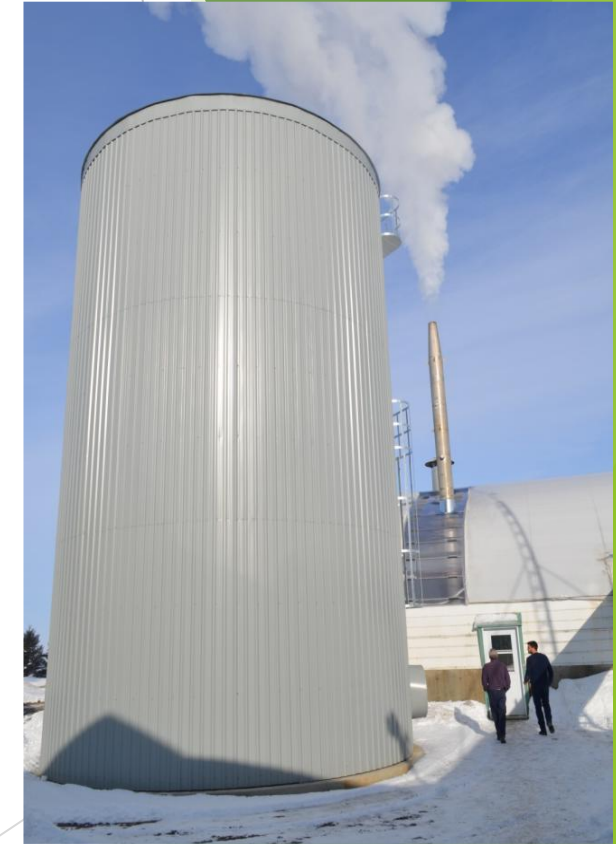
- ▶ Avec système à eau chaude
- ▶ Nécessaire pour la récupération de CO<sub>2</sub>

### ✓ Avantages:

- ▶ Sécurité (batterie thermique)
- ▶ Optimisation du système de chauffage (modulation)
- ▶ Récupération du CO<sub>2</sub>
- ▶ Augmente la durée de vie des équipements
  - ▶ Diminue les arrêts/départs de la chaudière

### ✗ Inconvénients:

- ▶ Coût d'investissement
- ▶ Espace
- ▶ Contrôles additionnels
- ▶ Nécessite une main d'œuvre spécialisée pour l'installation



Réservoir d'hydro-accumulation  
de 250 000 L

# Distribution de la chaleur

## Air chaud

- ▶ Principe:
  - ▶ un par rang
  - ▶ Descend derrière le tournage des plants



# Distribution de la chaleur

## Air chaud

### ► Décentré





# Injection de CO<sub>2</sub>

## *Naturel*

- Ventilation : le plus important sans injections
- Décomposition de la matière organique



# Injection de CO<sub>2</sub> Gaz de combustion

Pas approuvé CSA mais!!!



# Injection de CO<sub>2</sub>

## *Gaz de combustion*

### Composantes nécessaires:

- ▶ Canon
- ▶ Chaudière avec condenseur ou à haute efficacité
  - ▶ Le condenseur refroidit le gaz rendant possible leur injection dans les serres
  - ▶ Stockage de chaleur dans un réservoir d'hydro-accumulation le jour
    - ▶ Demande de CO<sub>2</sub>: jour (pour photosynthèse)
    - ▶ Demande de chaleur: principalement la nuit



# Injection de CO<sub>2</sub>

## *CO<sub>2</sub> liquide*

- ▶ Composantes :
  - ▶ Réservoir
  - ▶ Évaporateur
  - ▶ Valve et tubulure
- ▶ Pour grandes surfaces de serres
- ▶ Avec systèmes de chauffage:
  - ▶ Biomasse
  - ▶ Électrique
  - ▶ Si la chaudière propane ou gaz naturel avec condenseur ne suffit pas
- ▶ Contrat de location mensuelle du réservoir



Réservoir de CO<sub>2</sub> liquide



Évaporateur

# Injection de CO<sub>2</sub>

## *Distribution dans la serre*

- ▶ Types de tubes de distribution
  - ▶ Tubes « gonflés »
  - ▶ Tuyau rigide
- ▶ Taux d'injection de désign (6 à 30g/m<sup>2</sup>/hrs)
- ▶ Important de garder la pression du réseau
  - ▶ Découplage entre le taux d'injection et le volume de distribution



Tubes gonflés de distribution de CO2



Tuyau rigide de distribution de CO2

# Éclairage de photosynthèse

## HPS

- ▶ Efficacité énergétique: 1,6  $\mu\text{mol}/\text{J}$
- ▶ Prix abordable
- ▶ Chaleur utilisée pour chauffage
  - ▶ 30 % de l'énergie électrique consommée est émise en chaleur thermique
  - ▶ Récupération jusqu'à 50 % de la chaleur avec écrans thermiques



## LED (beaucoup de charlatans)

- ▶ Efficacité énergétique: 3  $\mu\text{mol}/\text{J}$
- ▶ Consomme moins d'énergie (20-30 % moins)
- ▶ Optimisation de la production: spectre de lumière variable
- ▶ Nécessite un ajustement
- ▶ \$\$\$ mais technologie en forte croissance  
→ Réduction des prix à venir
- ▶ Grande diversité de produits



# Brumisation dans le concombre

- ▶ Contrôle des tétranyques
  - ▶ Nuit à l'activité du ravageur
  - ▶ Supporte l'activité des prédateurs (surtout pour *Phytoseiulus persimilis*)
- ▶ Basse pression en général



Source : Gobeil Dion et Ass.

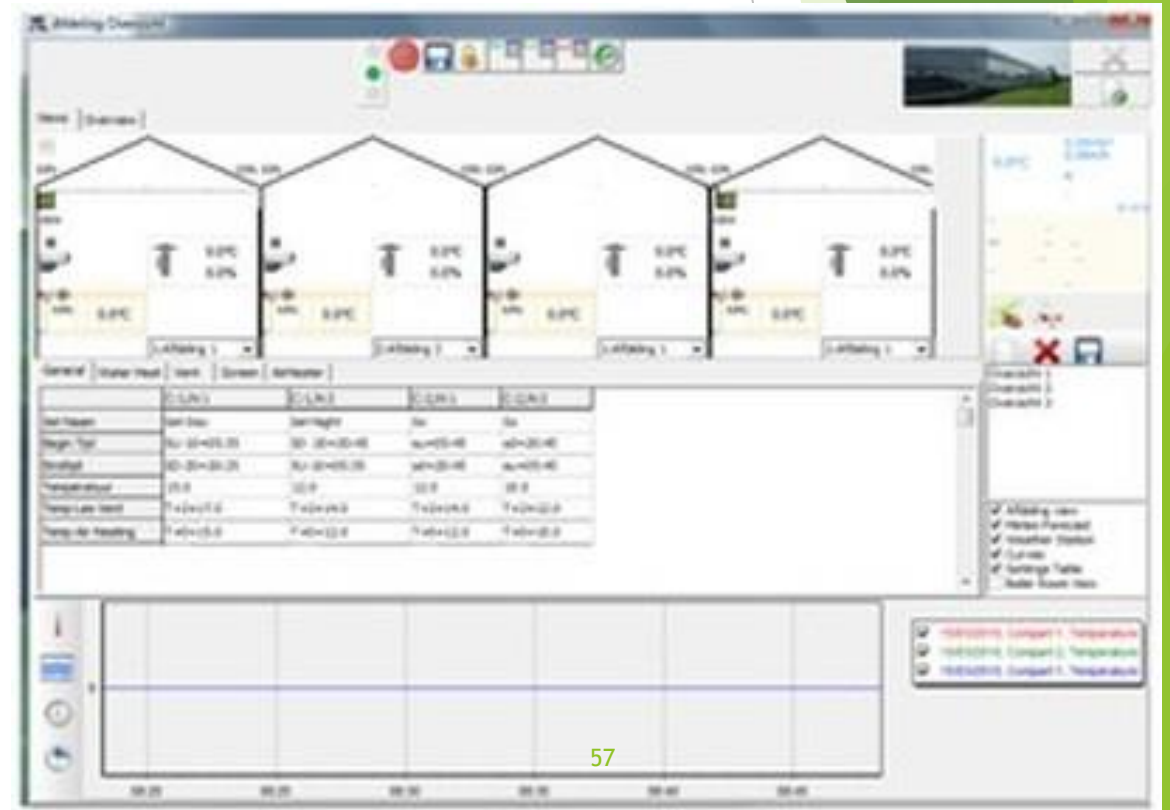
# Contrôle climatique



# Contrôle climatique

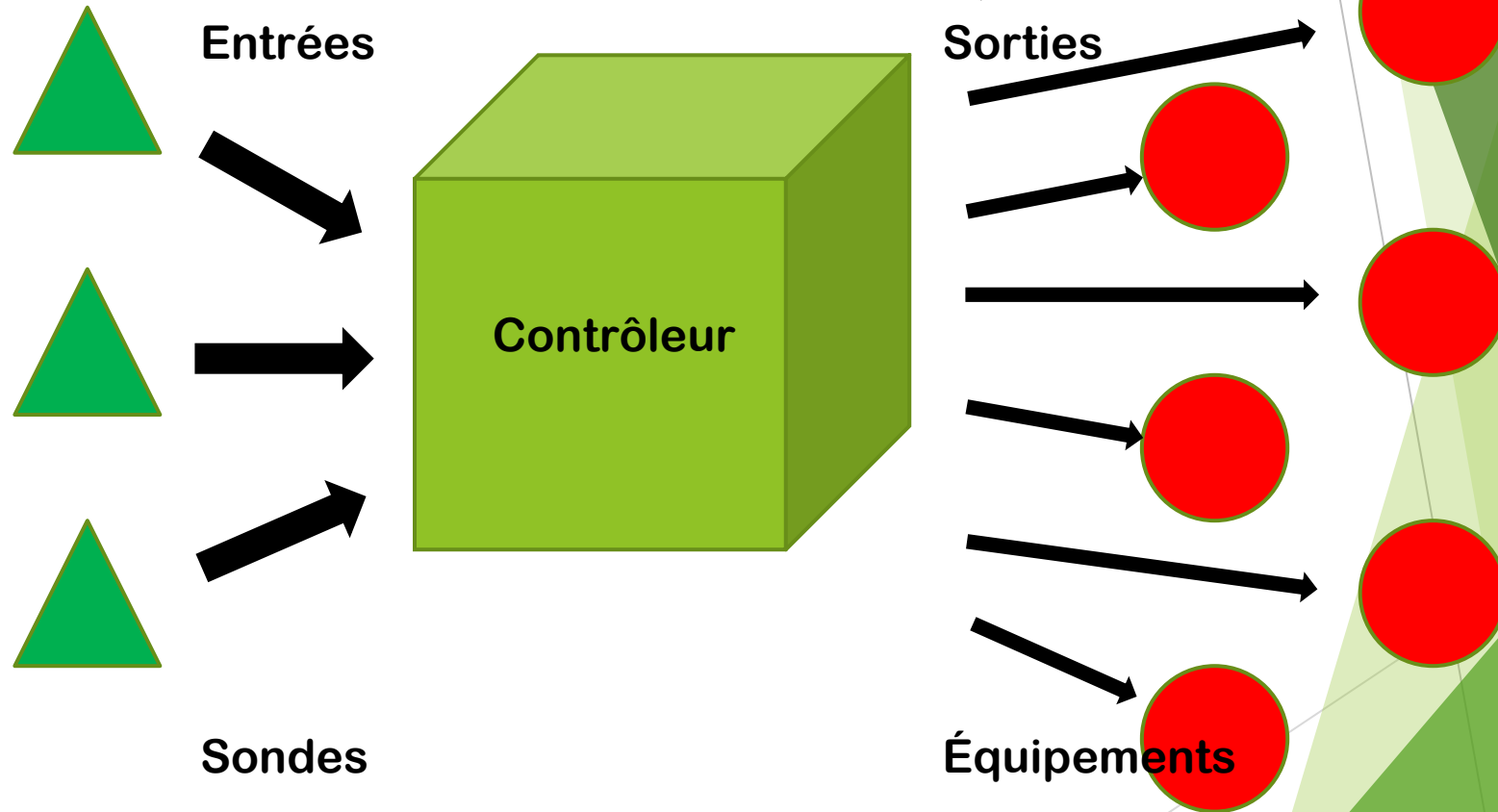
## QUE PEUT-ON CONTRÔLER?

- TEMPÉRATURE
  - CHAUFFAGE
  - VENTILATION
  - COUVERTURE THERMALE
- HUMIDITÉ
  - BRUMISATION
- ÉCLAIRAGE
- CO<sub>2</sub>
- IRRIGATION



# Contrôle climatique

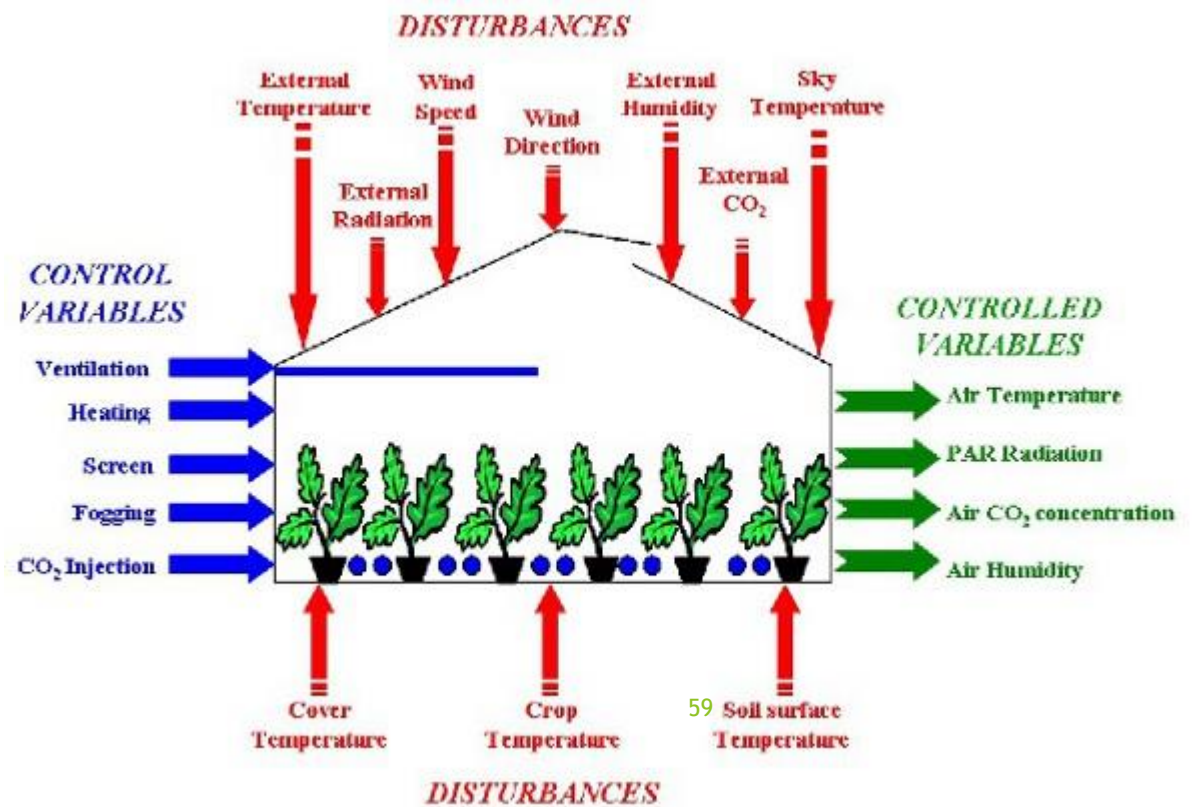
## Principes



# Contrôle climatique

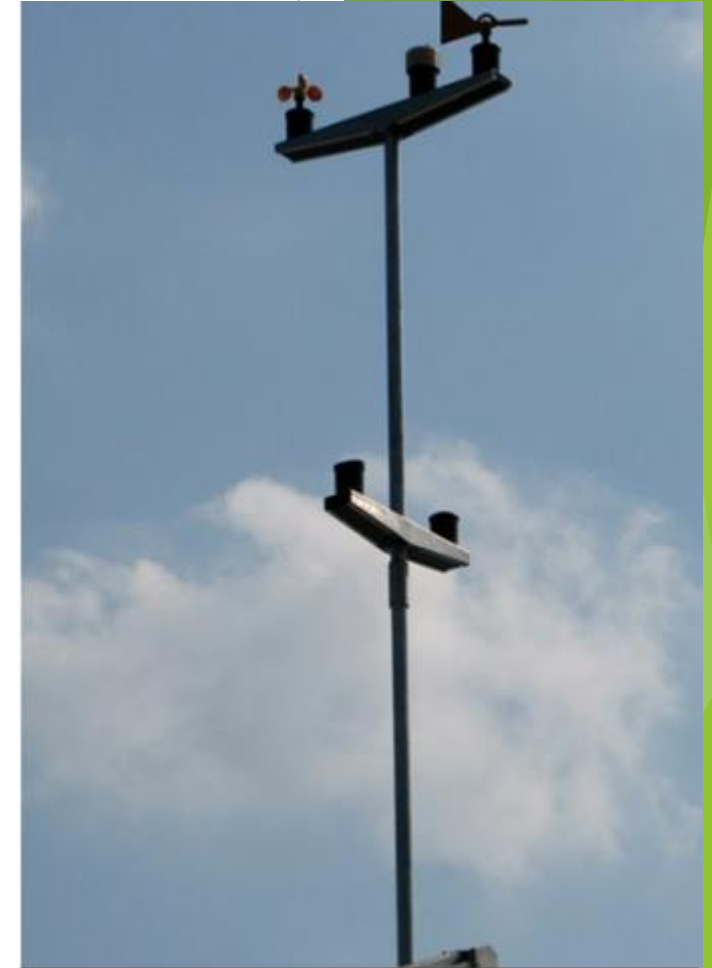
## DE QUOI EST COMPOSÉ UN CONTRÔLEUR CLIMATIQUE?

- ENTRÉES (INPUT) (INFORMATION)
- MÉTÉO:
  - TEMPÉRATURE EXTÉRIEURE
  - INTENSITÉ LUMINEUSE
  - DIRECTION DU VENT
  - VITESSE DU VENT
  - PLUIE
  - HUMIDITÉ RELATIVE



# Station météo

- ▶ **Station Météo**
  - ▶ Température extérieure
  - ▶ Humidité extérieure
  - ▶ Pyranomètre
  - ▶ Vitesse et direction des vents
  - ▶ Détecteur de pluie et neige

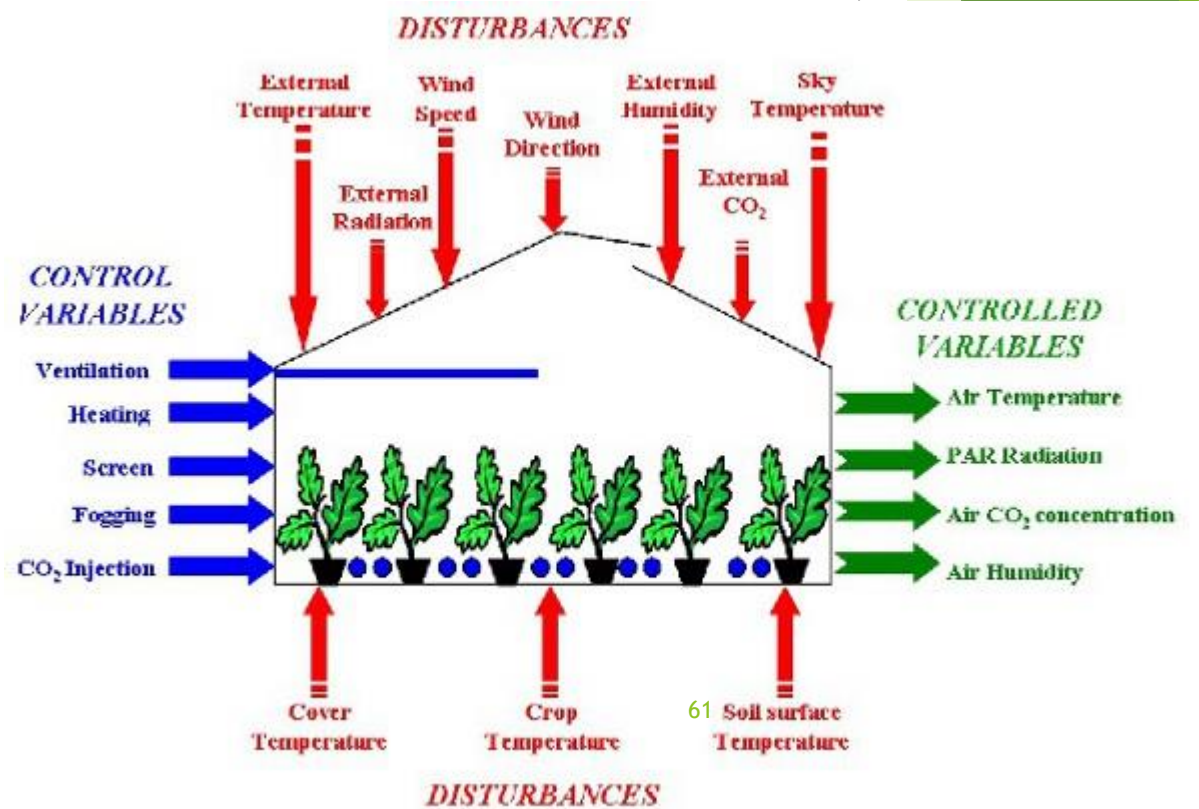


*Station Météo*

# Contrôle climatique

## DE QUOI EST COMPOSÉ UN CONTRÔLEUR CLIMATIQUE?

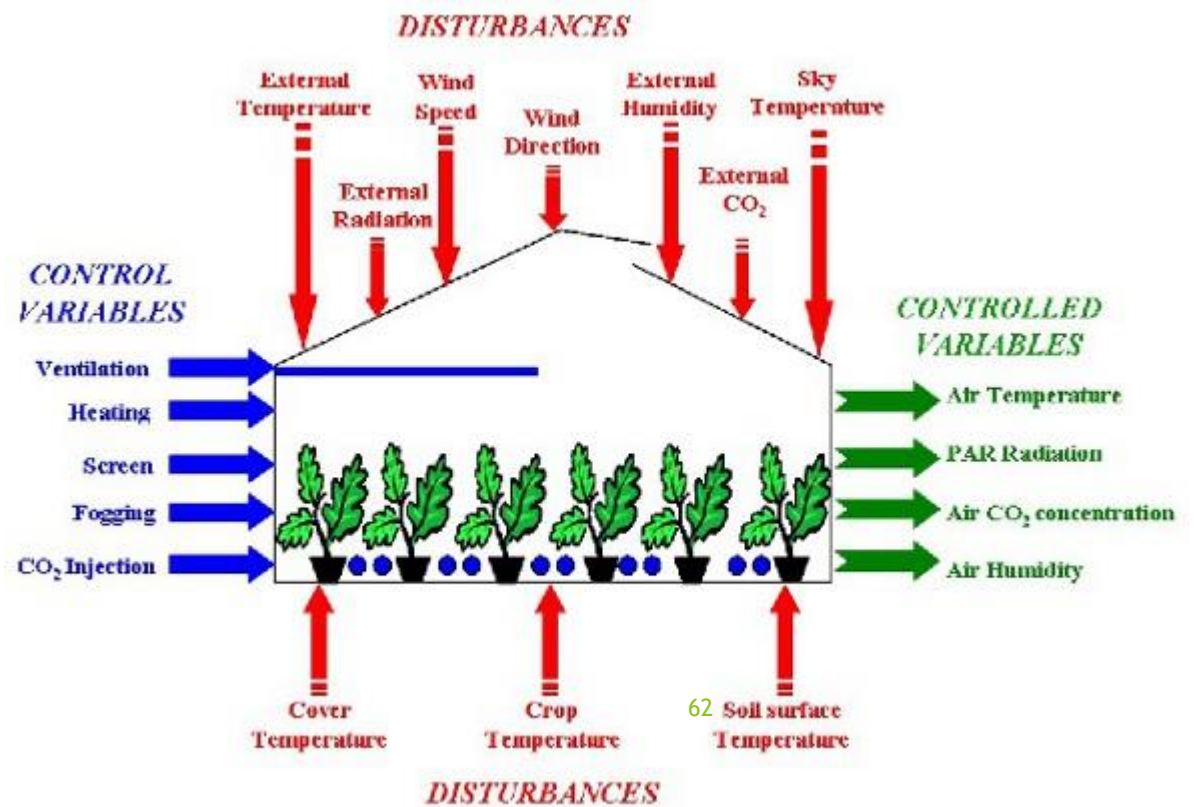
- ENTRÉES (INPUT) (INFORMATION)
  - TEMPÉRATURE INTÉRIEURE
  - HR OU DH
  - TEMPÉRATURE DE SOL
  - CO<sub>2</sub>
  - CE
  - pH
  - DÉBIT
  - TENSION



# Contrôle climatique

## DE QUOI EST COMPOSÉ UN CONTRÔLEUR CLIMATIQUE?

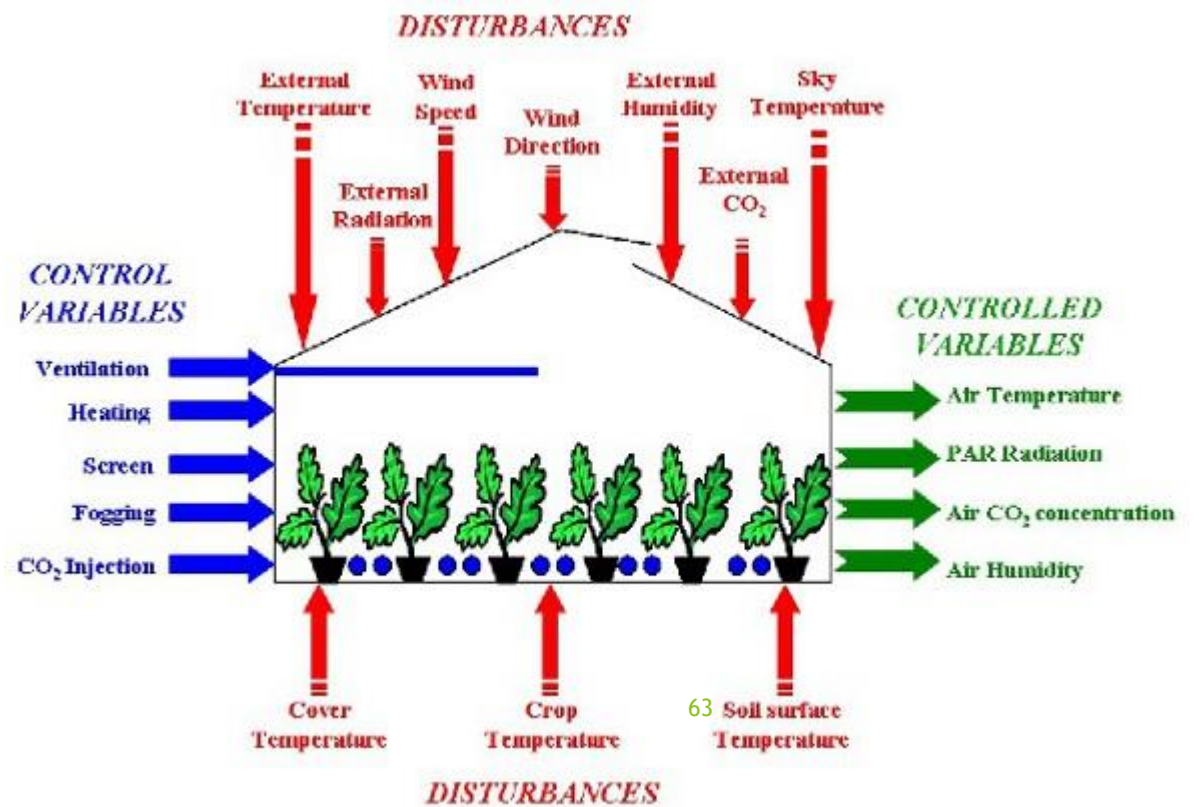
- SORTIES (OUTPUT)
  - CHAUFFAGE
  - FOURNAISES
  - POMPE
  - VENTILATEURS HAF
  - VENTILATION POSITIVE
  - VENTILATEURS EXTRACTION
  - TOITS MOTORISÉS
  - ROLL-UP
  - VALVES ET POMPE DE BRUMISATION



# Contrôle climatique

## DE QUOI EST COMPOSÉ UN CONTRÔLEUR CLIMATIQUE?

- SORTIES (OUTPUT)
  - CHAUFFAGE DE SOL
  - POMPE D'IRRIGATION
  - VALVES
  - POMPE ACIDE
  - POMPE SOLUTION MÈRE
  - VALVE D'INJECTION DE CO<sub>2</sub>
  - ETC...



# Contrôle climatique : Du plus simple au plus complexe

## Gestion du climat

- ▶ Base:
- ▶ Thermostat
- ▶ Minuterie





# Les systèmes de contrôle

## *Gestion climatique simple*

### ➤ Principaux fournisseurs :

- Link4 Corporation/Igrow 800 ou 400;
- Orisha ;
- Otomate (Arduino) ;
- Maximus.

### ➤ Caractéristiques :

- Acquisition de données
- Visualisation graphique possible
- Accès à distance



Source : Climax Conseils

# Les systèmes de contrôle

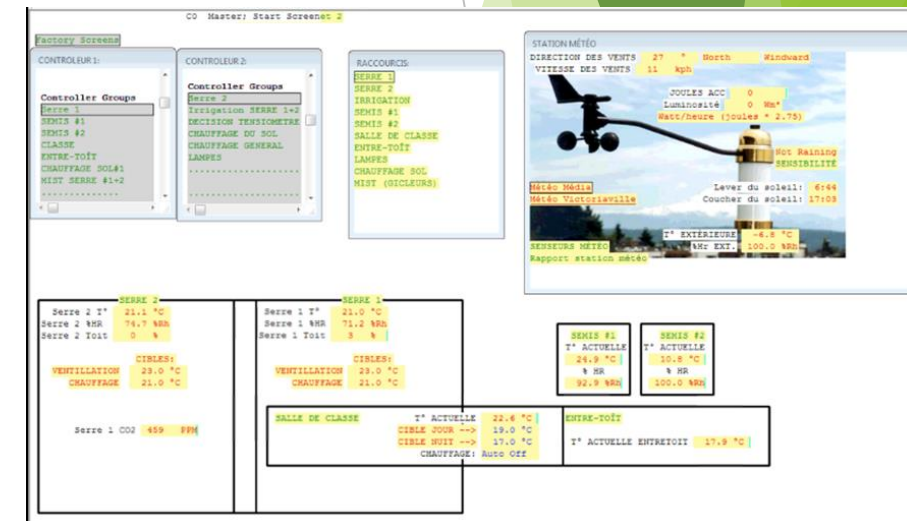
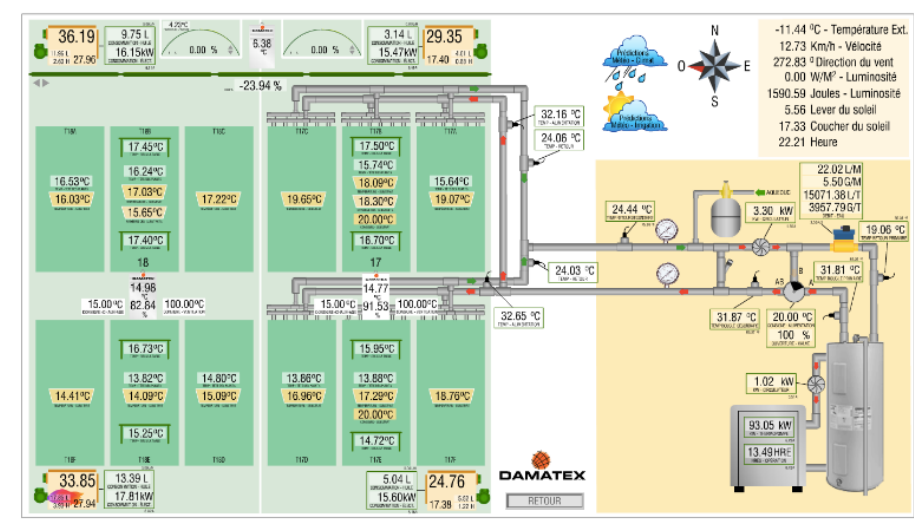
## Gestion climatique - moyen de gamme

### ➤ Fournisseurs

- Damatex
- Argus
- Priva Compass
- Hogendoorn ISII et ISII Compact

### ➤ Caractéristiques

- Approche de gestion avec modélisation avancée
- Consultation graphique très efficace en général
- Beaucoup de fonctionnalités
- Exige de bonnes compétences techniques (agronomie, ingénierie, automatisation)



# Les systèmes de contrôle

## *Gestion climatique - Haut de gamme*

### ► Fournisseurs

- Hoogendoorn IV00
- Hortimax
- Priva: Connex
- Européens

### ► Modélisation puissante avec du savoir de haut niveau

### ► Gestion des contraintes

- Capacité des systèmes
- Énergétique



**hoogendoorn**  
growth management



# Contrôle climatique

## Éléments essentiels

- ▶ Sauvegarde/ Back-up
- ▶ Alarmes
  - ▶ Cloches
  - ▶ Téléphonique
- ▶ Accès à distance:
  - ▶ Log me in
  - ▶ Team Viewer
  - ▶ VPN

**De l'électronique reste  
de l'électronique**

# Les systèmes de contrôle

## Communication

- Sensaphone ;
- Acurite.



AcuLink Internet Bridge:  
Remote Monitoring Online &  
Mobile App 09150

Source : Climax Conseils

# Milieu de culture

## *Plusieurs milieux de culture*

### ▶ Hydroponique

#### ▶ Avec substrats

▶ Sur sol, sur isolant ou sur gouttière

▶ Sacs, pots ou bacs

▶ Coco

▶ Laine de roche

▶ Mélange tourbeux



# Laine de roche (sac de culture)

Beaucoup de déclinaisons sur le marché  
6 produits différents chez Grodan

<https://www.grodan.com/learning/ng2-0-technology/>



# Fibre de noix de coco



Jiffy Preforma





# Milieu de culture

## *Plusieurs milieux de culture*

### ▶ Hydroponique

#### ▶ Sans substrat

- ▶ NFT en gouttières/gaines
- ▶ Culture sur flotteurs
- ▶ Aéroponie



# Milieu de culture

## *Plusieurs milieux de culture*

### ► **Biologique**

- Plein sol
- Contenant
- Mélange bio en bacs



# Milieu de culture

## *Des besoins climatiques de l'environnement racinaire différents*

- ▶ Hydroponique ou biologique
  - ▶ Chauffage de l'environnement racinaire
    - ▶ sol (bio)
    - ▶ NFT et en bassin
  - ▶ Isolation
  - ▶ Chauffage de l'eau d'irrigation ou eau dégourdie
  - ▶ Carlon blanc (plantation estivale)
  - ▶ Couvre sol (conserver l'humidité)
  - ▶ Drainage
  - ▶ Styrofoam sous les sacs de culture (hydroponique)



# Irrigation

## Source d'eau disponible



### Puits artésien

- ▶ Attention aux eaux salines de la Mer de Champlain et concentration de minéraux

### Puits de surface

- ▶ Risque élevé de contaminants

### Étang, lac ou rivière

- ▶ Risque très élevé de contaminants

### Aqueduc

- ▶ Bon pour les humains ≠ bon pour les plantes, mais risque de contaminants faible

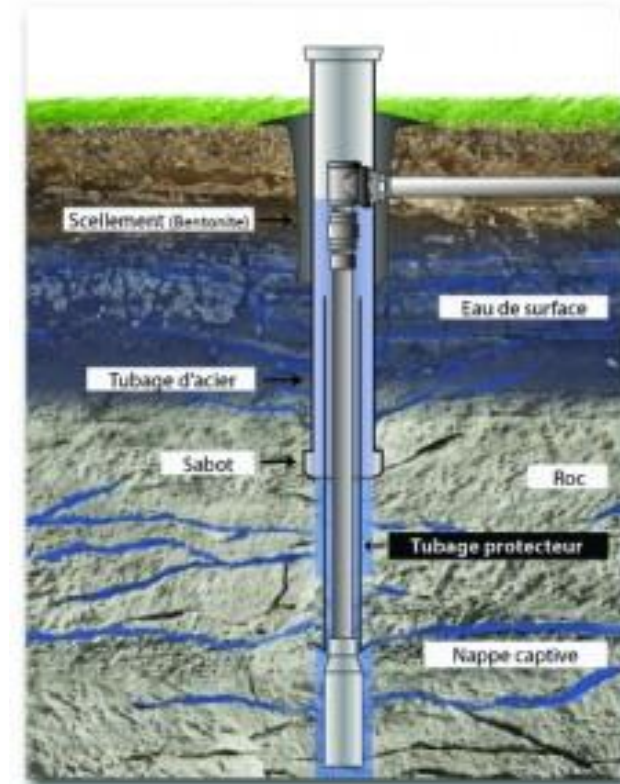
### Eau de pluie

- ▶ Eau de lavage de l'air et des serres, pluies acides; pas toujours propre

### Eau de recirculation

- ▶ Filtration et désinfection obligatoire et rééquilibrage nutritif

**L'eau n'est jamais aussi pure qu'elle ne paraît - analyses!!!**



Puits artésien

# Irrigation

## ► Approvisionnement en eau

### ► Besoins journaliers

- Hydroponique : 10  $\ell/m^2/jr$
- Biologique : 6  $\ell/m^2/jr$

### ► Besoins de pointe

- Hydroponique : 1,5  $\ell/m^2/hr$
- Biologique : 0,75  $\ell/m^2/hr$



# Irrigation et fertilisation

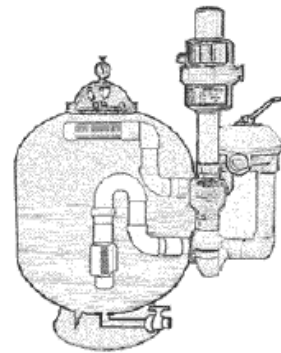
## Éléments du système

- ▶ Station de fertilisation
  - ▶ Bacs de fertilisation
- ▶ Réserve 24h
- ▶ Chauffe-eau
- ▶ Filtres
- ▶ Système d'injection
- ▶ Sondes

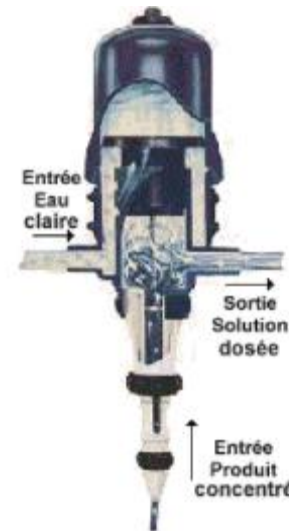
Station de fertilisation



Chauffe-eau



Filtre



Système d'injection



Réserve d'eau

# Irrigation

## Réserve 24 heures

Selon la superficie et besoin en eau



# Irrigation

## Chauffe-eau

- ▶ Capacité du réservoir
- ▶ Évacuation des gaz de combustion

### Sources d'énergie

- ▶ Électrique
  - ▶ Mazout
  - ▶ Gaz naturel-Propane
  - ▶ Biomasse
- 
- ▶ Échangeur à plaques
- 
- ▶ Eau tempérée avec l'air de la pièce





# Irrigation

## Filtres

Matière à enlever	Mesh	Microns
Feuilles	30	500
Gravier	10	1600
Sable grossier	70	200
Sable fin	600	25
Algues	2000	7.5
Limon	3000	5



Filter 3"



3" Screen Cartridge

# Fertilisation

## ► Hydroponique

### ► Exemple Solution mère

<b>Solution A</b>		# Litres:	100			# de gramme	kg	Lbs	
		Concentr :	100						
Nitrate de Calcium	Nitrate:	14,5	%	Calcium	19,0	%	4252,3 g.	4,25	9,36
	Ammonium	1,0	%				0,00	0,00	
Chlorure de Calcium	Chlorure	53,0	%	Calcium	29,9	%	0,0	0,00	0,00
Nitrate de Potassium	Nitrate:	13,8	%	Potassium	38,2	%	1003,6 g.	1,00	2,21
Fe-DTPA 11%	Fer:	11,0	%				90,9 g.	0,09	0,20
Nitrate d'Ammonium	Nitrate:	17,0	%	Ammonium	17,0	%	0,0 g.	0,00	0,00

<b>Solution B</b>		# Litres:	100			# de gramme	kg	Lbs	
		Concentr :	100						
Nitrate de Potassium	Nitrate:	13,8	%	Potassium	38,3	%	1003,6 g.	1,00	2,21
Monopotassium Phosphate	Phosphore:	22,7	%	Potassium	28,3	%	628,3 g.	0,63	1,38
Sulfate de Potassium	Sulfate:	18,0	%	Potassium	41,7	%	5931,1 g.	5,93	#####
Chlorure de potassium	Chlorure	45,0	%	Potassium	49,8	%	0,0	0,00	0,00
Nitrate de Magnesium	Nitrate:	11,0	%	Magnesium	9,9	%	0,0 g.	0,00	0,00
Sulf. ou oxy. Magnesium	sulfate:	13,0	%	Magnesium	9,9	%	3753,5 g.	3,75	8,26
Introduire:		1,0	Litres de solution C						

#### Éléments mineurs

<b>Solution C</b>		# Litres:	10			# de gramme
		Concentr :	10000			
Sulfate cuivre	25,0	16,0	g.			
Sulfate Manganese:	29,5	181,3	g.			
Sulfate Zinc:	35,0	88,6	g.			
Sodium Molybdate:	46,0	5,4	g.			
Acide Bore:	17,5	165,7	g.			



# Irrigation et fertilisation

## *Bacs de fertilisation*

(A - B - Acide - Utilitaire) ou 1 bac en bio



# Fertilisation

## *Biologiques*

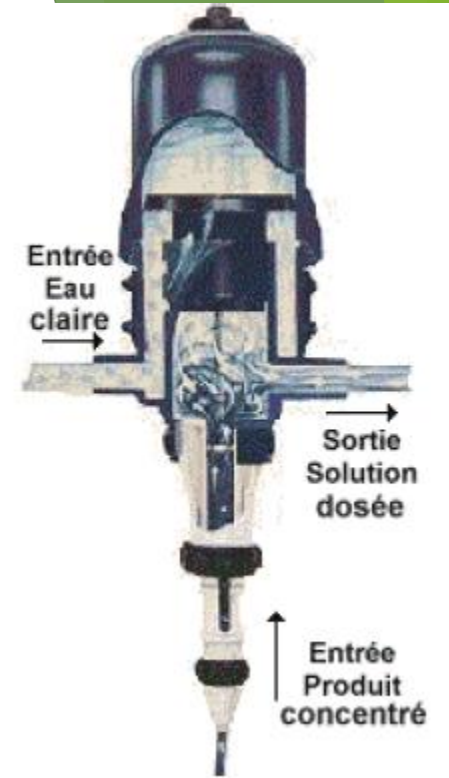
- ▶ **Engrais utilisés en légumes de serres**
  - ▶ Engrais de base
  - ▶ Éléments solubles (K,Mg)
  - ▶ Éléments mineurs
  - ▶ Fumiers (Bio)
  - ▶ Compost (Bio)
  - ▶ Microfaune (Bio)



# Irrigation et fertilisation

## *Systeme d'injection*

- ▶ Proportionneur
- ▶ Pompes

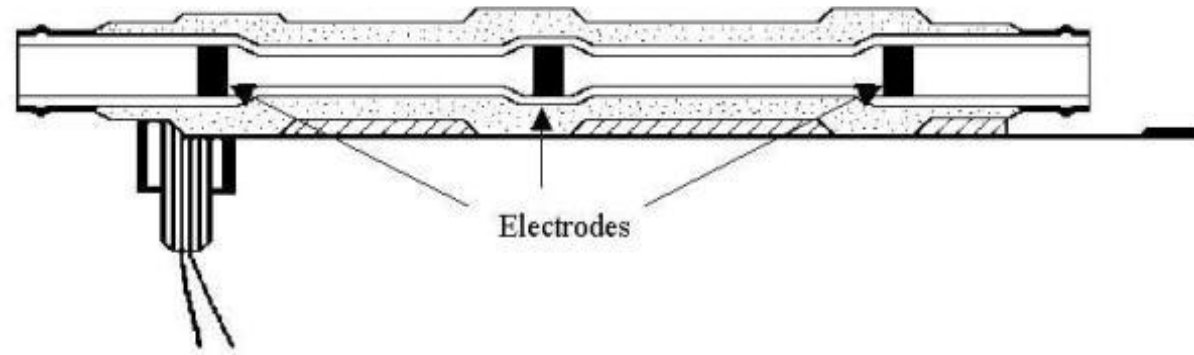


# Irrigation et fertilisation

## Sondes

Sécurité sur système automatisé

- ▶ Double sondes de CE
- ▶ Double sondes de pH



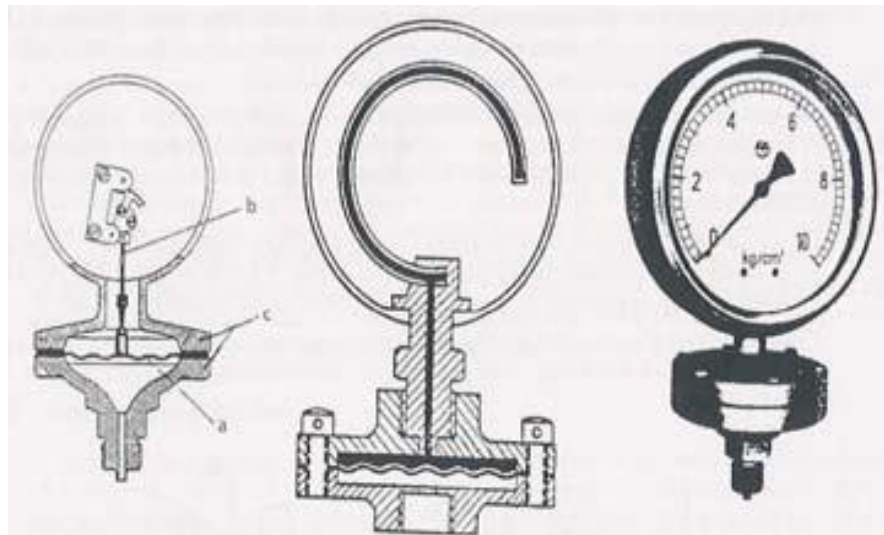
# Irrigation et fertilisation

## *Distribution dans les serres*

- ▶ Valves électriques
- ▶ Manomètre
- ▶ Régulateur de pression
- ▶ Goutteurs



laboratoire de recherche en horticulture



# Irrigation et fertilisation

## *Distribution dans les serres*

### Goutteurs:

- ▶ Compensé
- ▶ Non-Compensé
- ▶ Durable d'une saison à l'autre
- ▶ Débit 2-4L/hr, valider besoins horaire et besoins du substrat

### Uniformité:

- ▶ Différence minimale entre les goutteurs

**Différence entre les goutteurs**

=

**Différence pour les plants**

=

**Différence rendement**



**Goutteur (« spaghetti »)**



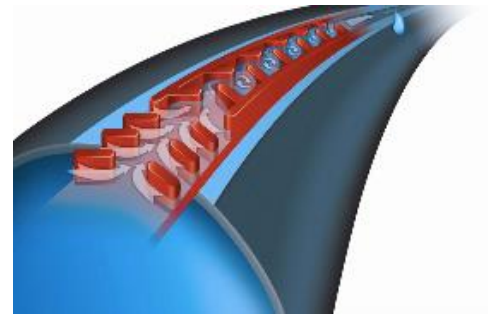


# Irrigation et fertilisation

## Distribution dans les serres

Goutte-à-goutte (Drip tape) :

- ▶ Pente
- ▶ Épaisseur du matériel
- ▶ Uniformité
- ▶ Nombre de lignes, 4 par rang



Goutte-à-goutte (« drip tape »)

### Flow Rates

Available In 4, 5, 6, 8, 10, 12 & 15 mil Tape

Part Number	Outlet Spacing (in.)	Individual Emitter Flow Rate (gph)		Q-100 (gpm/100 ft.)		Filtration Requirement
		@ 8 psi	@ 10 psi	@ 8 psi	@ 10 psi	Mesh
<b>0.07 Emitter</b>		<b>gph/Emitter</b>		<b>gpm/100 ft.</b>		200
EAXxx0817	8	.07	.08	.17	.20	
EAXxx1608	16	.07	.08	.08	.10	
<b>0.09 Emitter</b>		<b>gph/Emitter</b>		<b>gpm/100 ft.</b>		200
EAXxx0822	8	.09	.10	.22	.25	
<b>0.13 Emitter</b>		<b>gph/Emitter</b>		<b>gpm/100 ft.</b>		140 <b>NEW</b>
EAXxx0467	4	.13	.15	.67	.75	
EAXxx0834	8	.13	.15	.34	.37	
EAXxx1222	12	.13	.15	.22	.25	
EAXxx1617	16	.13	.15	.17	.19	
EAXxx2411	24	.13	.15	.11	.12	
<b>0.15 Emitter</b>		<b>gph/Emitter</b>		<b>gpm/100 ft.</b>		140 <b>NEW</b>
EAXxx0650	6	.15	.17	.50	.56	
EAXxx1225	12	.15	.17	.25	.28	
<b>0.20 Emitter</b>		<b>gph/Emitter</b>		<b>gpm/100 ft.</b>		140 <b>NEW</b>
EAXxx04100	4	.20	.23	1.00	1.12	
EAXxx0667	6	.20	.23	.67	.75	
EAXxx0850	8	.20	.23	.50	.56	
EAXxx1234	12	.20	.23	.34	.38	
EAXxx1625	16	.20	.23	.25	.28	
EAXxx2417	24	.20	.23	.17	.19	
<b>0.27 Emitter</b>		<b>gph/Emitter</b>		<b>gpm/100 ft.</b>		140 <b>NEW</b>
EAXxx04134	4	.27	.30	1.34	1.50	
EAXxx0867	8	.27	.30	.67	.75	
EAXxx1245	12	.27	.30	.45	.50	
EAXxx1634	16	.27	.30	.34	.38	
EAXxx2422	24	.27	.30	.22	.25	
<b>0.34 Emitter</b>		<b>gph/Emitter</b>		<b>gpm/100 ft.</b>		140 <b>NEW</b>
EAXxx0884	8	.34	.37	.84	.94	
EAXxx1256	12	.34	.37	.56	.62	
EAXxx1642	16	.34	.37	.42	.47	
EAXxx2428	24	.34	.37	.28	.31	

NOTE: X – denotes the diameter. 5 for 5/8", 7 for 7/8" and 11 for 1-3/8" xx – denotes mil thickness.

# Irrigation et fertilisation : Schéma général avec recirculation (gros projet)



# Irrigation et fertilisation

## Contrôleur:

- ▶ **Fonction de:**
  - ▶ Temps (simple)
  - ▶ Radiation (haut de gamme)
  - ▶ Tensiomètre (moyen de gamme)
- ▶ **Contrôle: (Haut de gamme seulement)**
  - ▶ CE
  - ▶ pH
  - ▶ Débit
  - ▶ T°
- ▶ **Coût 150 \$ à 5 000 \$**
- ▶ **Peut être disponible sur le contrôleur climatique**



## Partie 2 : Quels équipements pour quels types de serre

# Éléments de comparaison des installations

- Recouvrement
- Écran thermique
- Régie
- Chauffage :
  - Combustible
  - Génération
  - Distribution
- Ventilation
- CO<sub>2</sub>
- Contrôleurs
- Irrigation et fertilisation

# Recouvrement

Type d'installation	Verre	Plastique	Polycarbonate	Autres
Serre individuelle		X		X
Serres jumelées	?	X	X	X
Complexe de serres	x	X		
Grand complexe	X	x		

# Écran thermique

Type d'installation	Simple	Double
Serre individuelle		
Serres jumelées	X	
Complexe de serres	X	
Grand complexe		X

# Régie

Type d'installation	Conventionnelle	Biologique
Serre individuelle	X	X
Serres jumelées	X	X
Complexes de serres	X	?
Grand complexe	X	



# Chauffage/Combustible

Type d'installation	Propane	Gaz Naturel	Électricité	Biomasse	Huile	Autres
Serre individuelle	X	X	X		X	
Serres jumelées	X	X	X	x	X	Géothermie
Complexe de serres	?	X		X		Géothermie- Rejets thermiques
Grand complexe		X		X		Biométha- nisation

# Chauffage / Distribution

Type d'installation	Air chaud	Eau chaude
Serre individuelle	X	
Serres jumelées	X	X
Complexe de serres		X
Grand complexe		X

# Chauffage / Génération

Type d'installation	Central	Individuel
Serre individuelle		X
Serres jumelées	X	X
Complexe de serres	X	
Grand complexe	X	

# Ventilation chaleur

Type d'installation	Toit	Roll-up + Pression positive	Extracteur
Serre individuelle	x	X	X
Serres jumelées	X		X
Complexe de serres	X		
Grand complexe	X		

# Ventilation de jour hiver

Type d'installation	Toit	Pression positive	Fan-jet
Serre individuelle		X	X
Serres jumelées	X	X	
Complexe de serres	X		
Grand complexe	X		

# Ventilation de nuit froide

Type d'installation	Toit	Pression positive	Fan-jet
Serre individuelle		X	X
Serres jumelées	X	X	
Complexe de serres	X		
Grand complexe	X		

# CO<sub>2</sub>/Source

Type d'installation	Liquide	Combustion	Naturel
Serre individuelle		X	X
Serres jumelées	x	X	
Complexe de serres	X	X	
Grand complexe	X	X	

# Contrôleur climatique

Type d'installation	Base	Simple	Station météo	Moyen de gamme	Haut de gamme
Serre individuelle	X	x			
Serres jumelées		X	X	X	
Complexe de serres			X	X	
Grand complexe			X		X



# Irrigation et fertilisation

Type d'installation	Réserve d'eau	Chauffe-eau	Contrôleur		
			Simple	Moyen de gamme	Haut de gamme
Serre individuelle	X	X	X	X	
Serres jumelées	X	X		X	X
Complexe de serres	X	X			X
Grand complexe	X	X			X

# Irrigation et fertilisation

Type d'installation	Gouttières suspendues	Recirculation	Système d'injection	
			Proportionneur	Pompes doseuses
Serre individuelle			X	
Serres jumelées	X		X	X
Complexe de serres	X	X		X
Grand complexe	X	X		X



# Installation de la serre

Dany Boudreault T.P.  
Jacques Thériault agr. M. Sc.  
Climax Conseils



**CLIMAX**  
CONSEILS

Experts en production maraîchère sous serre

# Programme

- ▶ **Positionnement dans l'espace:**
  - ▶ Des transplants
  - ▶ Des supports de cultures
  - ▶ Rangs des légumes feuilles en serres froides
- ▶ **Préparation chimique et physique du sol**
- ▶ **Positionnement dans l'espace**
  - ▶ Du système d'irrigation
  - ▶ Du couvre-sol
  - ▶ Des supports de tige
  - ▶ Des ballons de chauffage
  - ▶ Des têtes

# Positionnement dans l'espace des transplants

- ▶ **Positionnement des doubles rangs**
- ▶ **Règle du 1,6 m**
- ▶ **Serre individuelle;**
  - ▶ **Tout est possible.**
- ▶ **Serre jumelée:**
  - ▶ **Le 1,6 m rentre bien**

# Positionnement des supports de culture

## ▶ Objectifs

- ▶ Supporter les plants

- ▶ Type de broches

  - ▶ Tomate: Ga 9

  - ▶ Concombre: Ga 11

  - ▶ Que le crochet prenne/bloque sur la broche.

- ▶ Fixation des broches aux barres de fixation/murs

  - ▶ Garder du mou



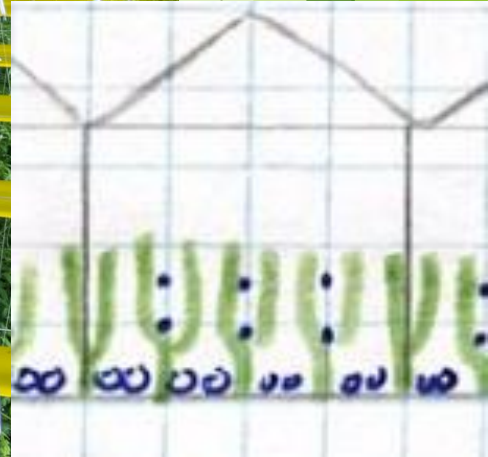
# Serre jumelée (2 chapelles)

Passage	Double rang	Passage	Double rang	Passage	Double rang	Passage	Double rang	Passage	Double rang	Passage	Double rang	Passage	Double rang	Passage	Rang simple		
100,0 cm	60,0 cm	100,0 cm	60,0 cm	100,0 cm	60,0 cm	100,0 cm	60,0 cm	100,0 cm	60,0 cm	100,0 cm	60,0 cm	100,0 cm	60,0 cm	100,0 cm	60,0 cm		<b>Total</b>
39,4 po	23,6 po	39,4 po	23,6 po	39,4 po	23,6 po	39,4 po	23,6 po	39,4 po	23,6 po	39,4 po	23,6 po	39,4 po	23,6 po	39,4 po	23,6 po		<b>1 280,0 cm</b>
39 3/8	23 5/8	39 3/8	23 5/8	39 3/8	23 5/8	39 3/8	23 5/8	39 3/8	23 5/8	39 3/8	23 5/8	39 3/8	23 5/8	39 3/8	23 5/8		<b>42,0</b>
Passage	Pieds doubles	Passage	Pieds doubles	Passage	Pieds doubles	Passage	Pieds doubles	Passage	Pieds doubles	Passage	Pieds doubles	Passage	Pieds doubles	Passage	Pieds simples		
100,0 cm	60,0 cm	100,0 cm	60,0 cm	100,0 cm	60,0 cm	100,0 cm	60,0 cm	100,0 cm	60,0 cm	100,0 cm	60,0 cm	100,0 cm	60,0 cm	100,0 cm	60,0 cm		<b>1 280,0 cm</b>
39,4 po	23,6 po	39,4 po	23,6 po	39,4 po	23,6 po	39,4 po	23,6 po	39,4 po	23,6 po	39,4 po	23,6 po	39,4 po	23,6 po	39,4 po	23,6 po		<b>42,0</b>
39 3/8	23 5/8	39 3/8	23 5/8	39 3/8	23 5/8	39 3/8	23 5/8	39 3/8	23 5/8	39 3/8	23 5/8	39 3/8	23 5/8	39 3/8	23 5/8		<b>42,0</b>





# Serre jumelée infinie



# Légumes feuilles serre froide

- ▶ Règle générale
  - ▶ Rangs centre à centre 4 pi
    - ▶ Allée 12 po
  - ▶ Rangs de bordures
    - ▶ 2pi
    - ▶ Facile d'accès
- ▶ Mixité légumes fruits
  - ▶ Rangs doubles abaissés
    - ▶ 8 pi centre à centre
  - ▶ Rangs simples non abaissés
    - ▶ 4 pi centre à centre



# Préparation chimique :

- ▶ Analyse standard : Disponibilité des minéraux à moyen terme
  - ▶ Quand : Avant de débiter ou en fin de saison
  - ▶ Pourquoi : Permet de corriger la fertilité du sol et le taux de matière organique et le pH
  - ▶ Méthode d'échantillonnage
    - ▶ À l'aide d'une tarière de 2,5 cm (1 po) de diamètre,
      - ▶ Recueillir sur la plate-bande au hasard 10 carottes de sol de 20 cm de profondeur;
      - ▶ Déposer dans un seau propre, bien mélanger le sol avec délicatesse et le déposer dans un contenant ou un sac de plastique bien identifié.
      - ▶ Envoyer dans un laboratoire spécialisé
    - ▶ Ne jamais laisser un échantillon de sol exposé à des températures très chaudes ni s'assécher.

# Exemple d'analyse standard

Résultats d'analyses					
Numéro					
Identification champ					
Culture prévue					
AEL-I-SOL-006	pH	6.9 R	6.9 R	6.3 B	
AEL-I-SOL-007	pH tampon	7.0 B	7.0 B	6.3 M	
AEL-I-SOL-005	Mat. Org. %	9.5 TR	13.2 TR	5.9 R	
AEL-I-SOL-003+AEL-I-EQP-028	kg/ha	P	724 TR	1 003 TR	361 TR
		K	1 419 TR	4 558 TR	393 R
		Ca	7 986 TR	9 576 TR	2 870 M
		Mg	767 TR	1 080 TR	157 B
	ppm	Al	799 MB	687 M	1 197 B
	ISP	P/Al*	40.5 †	65.1 †	13.5 †
	ppm	Mn	24.4 TR	27.5 TR	27.8 TR
		Cu	2.93 TR	3.56 TR	1.71 TR
		Zn	26.79 TR	32.12 TR	4.84 B
		B	1.34 MB	1.89 B	0.44 P
		S			
		Fe	121	122	260
	%	N total	0.35	0.43	0.21
	C / N	14.7	16.7	14.9	
ppm	N-NH <sub>4</sub>	11.0	12.0	11.0	
ppm	N-NO <sub>3</sub>	25.00	87.00	11.00	

TP=Très pauvre, P=Pauvre, M=Moyen, MB=Moyen bon, B=Bon, R=Riches, TR=Très riches



# Exemple de corrections résultantes de l'analyse standard

		kg/ha					
	pH tampon	Ca	Mg	K	CEC		P (kg/ha)
Calcul CEC/100g	7,1	10460	833	1284	31,5169528		995
% Saturation	11%	74%	10%	5%			
Objectif (kg/ha)		9531	1058,97	1101			300
À corriger (kg/ha)			225,97	-182,67			-695,00

Visez entre 5 et 10% de matière organique



# Préparation physique



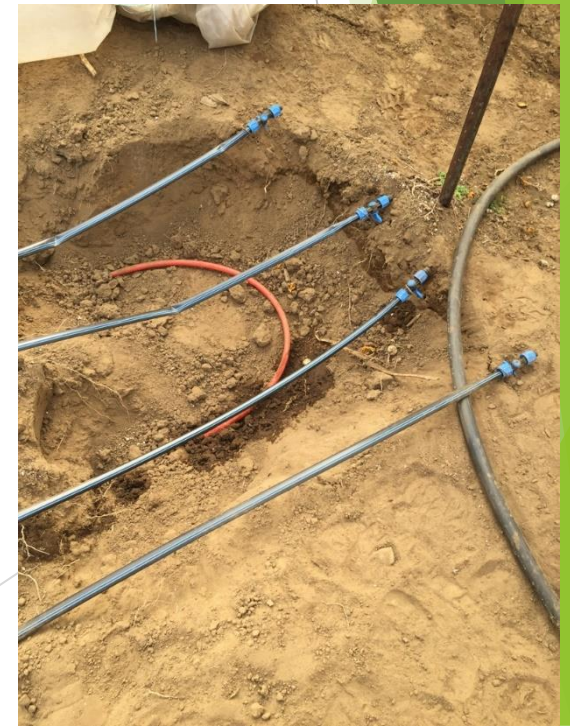
Grelinette : Sol pour sol  
dure



BCS pour sol plus meuble  
Sert à incorporer les engrais et  
amendements de départ

# Préparation physique et chimique

- ▶ **Profondeur:**
  - ▶ 30 cm max (les racines ont besoin de 20cm sauf en sable)
  - ▶ Attention au chauffage du sol





# Préparation physique et chimique

- ▶ Plat ou butte? Pour le drainage.



# Préparation physique et chimique

- ▶ **Analyse de sol SSE :**
  - ▶ **Mesure ce qui est disponible dans la solution du sol (environnement racinaire)**
  - ▶ **CE trop élevée, excès de sulfate ou sodium**
    - ▶ **Lessivage**

# Préparation physique et chimique

## Exemple d'analyse SSE

Water analysis	Spec min	Spec max		
Alkalinity (ppm)	0	50	↑ 103.20	30.75
Chloride (ppm)	0	50	24.88	31.40
pH	-	-	7.69	5.94
Soluble Salts (mmhos/cm)	0	1	0.29	↑ 1.37
Nitrate Nitrogen (N-NO <sub>3</sub> ) (ppm)	0	5	2.4	↑ 106.5
Ammonium Nitrogen (N-NH <sub>4</sub> ) (ppm)	0	5	< 0.2	< 0.2
Phosphorus (ppm)	0	5	< 0.21	↑ 42.0
Potassium (ppm)	0	5	2.6	↑ 228.4
Calcium (ppm)	0	120	39.4	77.2
Magnesium (ppm)	0	25	1.2	23.8
Sulfate (ppm)	0	100	5.3	↑ 104.2
Boron (ppm)	-	-	0.03	0.28
Copper (ppm)	0	0.2	< 0.03	↑ 0.21
Iron (ppm)	0	0.5	< 0.05	↑ 2.41
Manganese (ppm)	0	1	< 0.03	0.58
Molybdenum (ppm)	0	0.05	< 0.02	↑ 0.09
Zinc (ppm)	0	0.5	< 0.03	0.33
Aluminum (ppm)	0	0.2	< 0.01	< 0.01
Sodium (ppm)	0	30	13.3	18.7
SAR	-	-	0.57	0.48

mmhos = mS

# Mesure de CE maison : Analyse 1:2 (Sonneveld et Voogt, 2009)

Brasser bien l'échantillon et laisser reposer pendant 30 minutes.

Brasser de nouveau et laisser reposer pour encore 5 minutes.

Plonger (1/3 supérieur) le CE-mètre dans le surnageant pour prendre la lecture.

Mesure X 1,8 = CE racinaire

En cours de culture, ne pas prendre le 1<sup>er</sup> cm supérieur du sol (zone d'application des fertilisants)



**Picture 4.1** Preparation of the specific 1:2 volume extract. Sufficient field-moist soil is added to two parts of water so that the volume is increased with one part

# Objectif de CE de départ

- ▶ Semis verdurette : 0,25-0,5 mS/cm
  - ▶ Problèmes de levée
- ▶ Repiquage de verdurette 0,75 à 1.25 mS/cm
  - ▶ Stress hydrique
- ▶ Concombre : 1 à 1,5 mS/cm
  - ▶ Stress hydrique et Pythium
- ▶ Poivron et aubergine : 1,5 à 2,5 mS/cm
  - ▶ Stress hydrique
- ▶ Tomate : 2,5 à 3,5 mS/cm
  - ▶ Stress hydrique

# Préparation physique et chimique

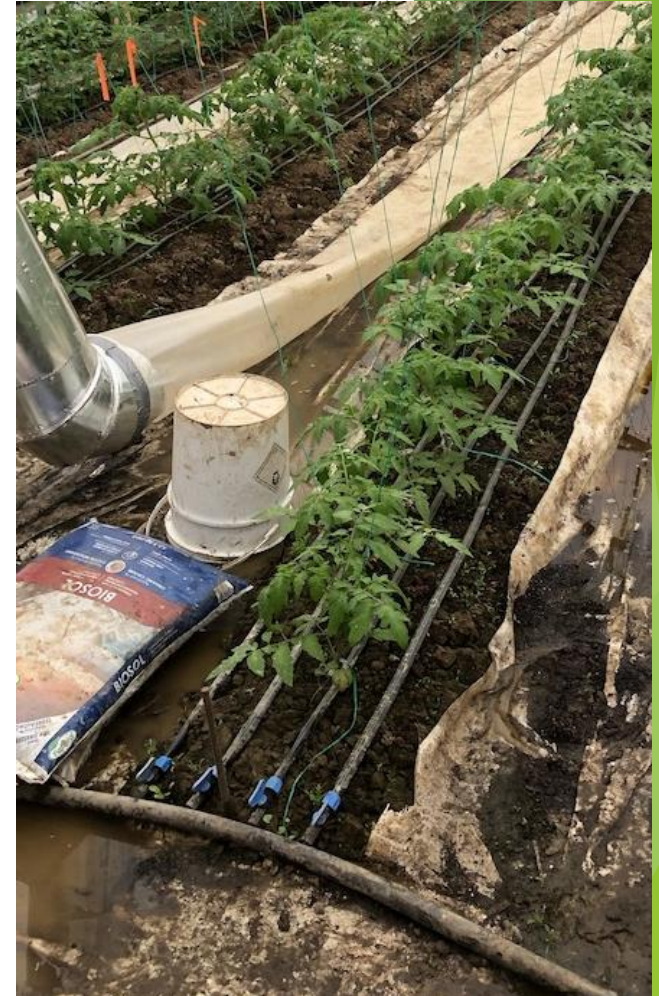
- ▶ **Température de sol:**
  - ▶ **Tomate: 18°C**
    - ▶ Carence en K
  - ▶ **Concombre: 20°C**
    - ▶ Si < Risque de Pythium



- ▶ **Si plantation en fin avril et + tard, pas besoin de chauffage de sol normalement.**
- ▶ **Bâche transparente;**
  - ▶ Bon pour la T°C,
  - ▶ Mais zéro pour les MH.

# Positionnement du système irrigation

- ▶ 4 drip tape par plate-bande avec valves manuelles
- ▶ 2 de chaque côté;
  - ▶ quelques cas 3+1
- ▶ Alimentation
  - ▶ Centre = demi-rang
  - ▶ Début = rang complet



# Positionnement du système irrigation

- ▶ 4 drip tape par plate-bande
- ▶ Si trop loin...





# Positionnement du couvre-sol

- ▶ **Blanc sur noir**
  - ▶ **Tressé vs Plastique**
  - ▶ **Largeur**
- ▶ **Cavalier (ancrage en U)**

# Positionnement du couvre-sol

## ► Objectif:

- Éviter l'évaporation de l'humidité du sol
- Éviter le développement des mauvaises herbes
- Éviter la pupaison des thrips
- Favoriser la minéralisation des amendements

# Positionnement du couvre-sol



# Positionnement du couvre-sol



# Positionnement des supports de tiges

- ▶ Au 4 pieds
- ▶ Plus large que les broches



# Positionnement des supports de tiges

## ▶ Différents types

▶ 13" X 24"

▶ Beef

▶ Rang double



# Positionnement des supports de tiges

- ▶ Différents types
  - ▶ 13" X 16"
  - ▶ Beef
  - ▶ Rang simple



# Positionnement des supports de tiges

- ▶ Différents types
  - ▶ 16'' X 24''
  - ▶ Cerise
  - ▶ Rang double





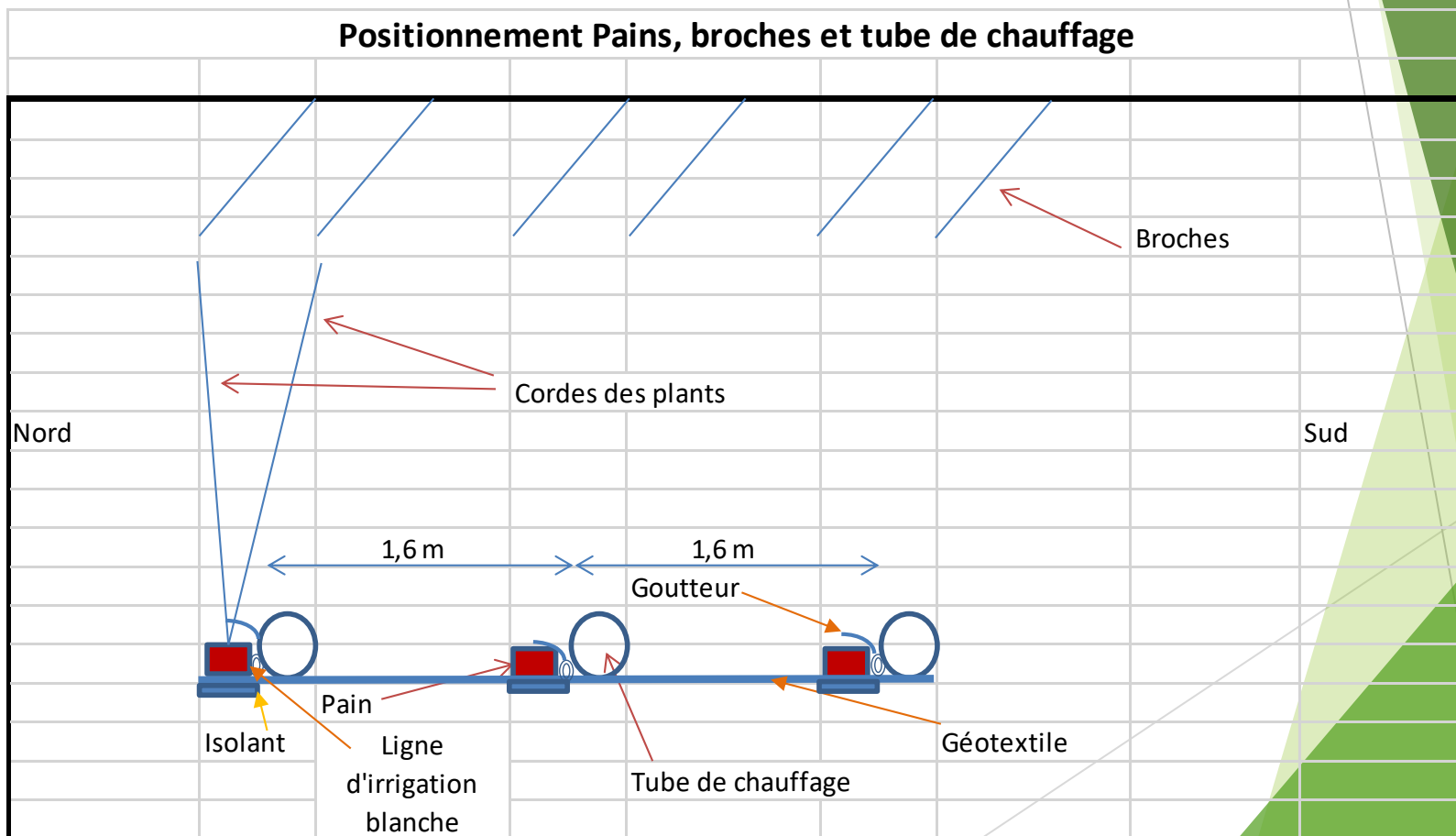
# Positionnement des ballons de chauffage

- ▶ **Principe:**
  - ▶ Un par rang
  - ▶ Descend derrière le tournage des plants
  - ▶ Prévoir culture en V



# Positionnement des ballons de chauffage (avec supports de tiges = décentré)

Positionnement Pains, broches et tube de chauffage

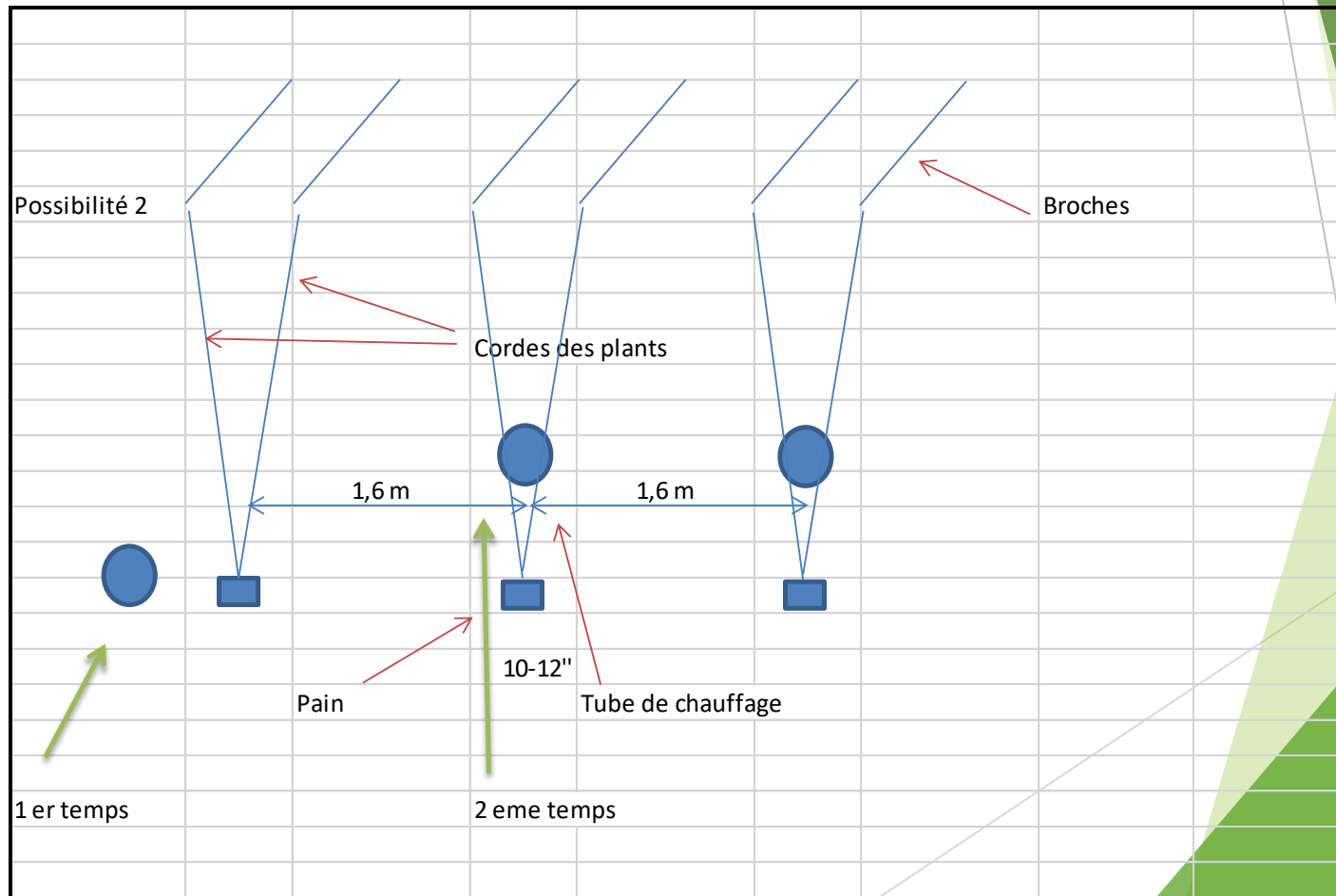


# Positionnement des ballons de chauffage

## ► Décentré



# Positionnement des ballons de chauffage sans supports de tiges (Centré)



# Positionnement des têtes

## ► Lumière

- Descente des cordes vers les broches
  - Éliminer la compétition entre les têtes
  - Base en U





# Planification de la culture

Dany Boudreault T.P.  
Jacques Thériault  
Climax Conseils



**CLIMAX**  
CONSEILS

Experts en production maraîchère sous serre

# Programme

- ▶ **Comment choisir un cultivar de légumes de serre**
- ▶ **Planification de la gestion des transplants**
- ▶ **Planification de la charge**
  - ▶ **Pourquoi?**
  - ▶ **Effet Structure et CO<sub>2</sub>**
  - ▶ **Densité de plantation**
  - ▶ **Gestion de la charge de la plantation à la canicule**
  - ▶ **Gestion de la fin de saison**

# Comment choisir un cultivar de légumes de serre

- **Qualités recherchées:**
  - **Marché**
  - **Goût**
  - **Rendement**
- **Résistances aux maladies**
- **Grainetiers**
- **Hybrides ou non**



# Comment choisir un cultivar de légumes de serre

## Résistances

### Résistances ISF

**ISF: International Seed Federation**

# Comment choisir un cultivar de légumes de serre

## Résistances

### THE FOLLOWING SEPARATORS WILL BE USED:

- ✓ / (slash) - to separate pest codes
- ✓ : (colon) - to separate the species code from the strain/race/pathotype code. The colon is followed by a space
- ✓ , (comma) - to separate strain/race codes. The comma is followed by a space
- ✓ - (hyphen) - to indicate an uninterrupted series of strain/race numbers
- ✓ . (dot) - to separate numbers defining a compound strain/race name

# Comment choisir un cultivar de légumes de serre

## Grainetiers

- ▶ Quelques grands groupes
  - ▶ Bayer/De Ruiters
  - ▶ Enza Zaden
  - ▶ Gautier
  - ▶ Rijk Zwaan
  - ▶ Sakata
  - ▶ Syngenta

# Comment choisir un cultivar de légumes de serre

## Grainetiers

- ▶ Valeurs/Croyances
- ▶ GSSP : Good Seed and Plant Practice
- ▶ Biosécurité
  - ▶ Emballage et ré-emballage

# Comment choisir un cultivar de légumes de serre

## Hybrides

- ▶ F1
- ▶ Sélection
- ▶ ~~Ø~~ OGM

# Comment choisir un cultivar de légumes de serre

- ▶ Principales maladies du sol:
  - ▶ PL Racines liégeuses (tomate)
    - ▶ Aucune résistance = porte-greffe
  - ▶ FOL : Fusariose vasculaire (tomate)
  - ▶ FOR : Fusariose racinaire (tomate et concombre)
    - ▶ Résistance pas toujours présente = porte-greffe
  - ▶ Va Verticilium albo-atrum
  - ▶ Vd Verticilium dahliae
- ▶ Nématodes...

# Bio

## ► Principales maladies du sol:

- PL Racines liégeuses (Corky root)



# Bio

## ► Principales maladies du sol:

### ► FOL Fusariose vasculaire





# Bio

## ▶ Principales maladies du sol:

- ▶ FORL Fusariose racinaire...



# Bio

## ► Principales maladies du sol:

- Va *Verticillium albo-atrum*



# Bio

## ► Principales maladies du sol:

- Vd *Verticillium dahliae*



# Bio

## ▶ Principales maladies du sol

### ▶ Nématodes...

- ▶ Ma *Meloidogyne arenaria*
- ▶ Mi *Meloidogyne incognita*
- ▶ Mj *Meloidogyne javanica*



# Comment choisir un cultivar de légumes de serre

## Kit de base tomate de serre

- ▶ **ToMV:0-2, Ff:A-E, Fol:1,2, For**
  - ▶ Tomato Mosaic Virus race 0 à 2
  - ▶ *Passalora fulva* (Pf) race A à E (12 races en tout) (anciennement *Fulvia fulva* (Ff)) et Leaf Mold (LM), *Cladosporium fulvum* (Cf)
  - ▶ *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* (race 1 et 2)
  - ▶ *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici*

# Comment choisir un cultivar de légumes de serre

## Kit de base Porte-Greffe Tomate

- ▶ **ToMV:0-2/Fol:0,1/For/PI/Va:0/Vd:0 Ma/Mi/Mj**
  - ▶ Pl = *Pyrenochaeta lycopersici* racine liègeuse
  - ▶ Vd = *Verticillium dahliae* (race 0) existe 2 races
  - ▶ *Verticillium albo-atrum* (race 0)
  - ▶ Ma/Mi/Mj = *Meloidogyne arenaria*, *incognita* et *javanica*

# Comment choisir un cultivar de légumes de serre

## Concombre

Tableau 2. Les concombres anglais

Grainetier	Cultivar	Calibre (cm)	Saison de production				Résistances tolérances*		Type de culture		Remarques
			H	P	É	A	blanc	Cca**	parapluie	abaissée	
De Ruiter	Camaro	34-40	X			X	I	X	X		très populaire en hiver
	Denali	32-36			X	X	H		X		en essai seulement, prometteur
	Eldora	32-38		X	X		H	X	X	X	en essai seulement, prometteur
	Dominica	32-36		X	X	X	I	X	X		très populaire en printemps, été et automne
	Logica	34-42		X	X	X	H	X	X		fruits très longs, très productif
	Discover	32-40		X	X	X	H	X	X		le plus tolérant au blanc, mais avec 15-20% moins de rendements que la moyenne
	Annica	32-38	X	X	X	X	H	?		X	pour culture abaissée seulement
Syngenta	Bomber	31-36			X		I	X	X	X	rapide et vigoureux, en essai seulement
	Monroe	32-36		X		X	I	X	X		en essai seulement
	Mountie	32-38	X	X	X	X	I	X	X	X	tolérant aux luminosités basses, en essai seulement

# Comment choisir un cultivar de légumes de serre

## Poivron

Tableau 1. Les poivrons deux carrés

Grainetier	Cultivar	Calibre (g)	Couleur	croissance du plant*			Remarques
				modérée	moyenne	rapide	
De Ruitter	Morraine	200	rouge		X		
	Fantasy	210-250	rouge			X	
	Orange Glory	180-200	orange			X	Une référence en qualité de fruit
	Derby	200-220	jaune			X	
	Striker	210	jaune	X			Une référence en qualité de fruit, mais goût moyen
	Fascinato	210-220	rouge	X			Une référence en constance dans la saison



# Cédule de production des transplants

- ▶ Selon la culture
- ▶ Le temps de l'année
- ▶ La date de début de récolte
- ▶ Diverses techniques:
  - ▶ Greffage
  - ▶ Pinçage

# Gestion du temps et de l'espace

- ▶ **Calendrier en fonction du types de plants à développer:**
  - ▶ Tomates 35 jours
  - ▶ Tomates greffés
  - ▶ Concombres
  - ▶ Poivron
  - ▶ Aubergine

# Gestion du temps et de l'espace

- ▶ **Principes:**
  - ▶ Les plants ne se touchent pas
  - ▶ Les plants doublent leur surface foliaire aux 4 jours
- ▶ **À prendre en ligne de compte:**
  - ▶ Habituellement; on espace une fois.

# Gestion du temps et de l'espace

## ► Tomates non-greffées

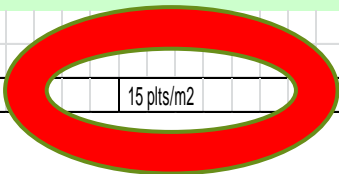
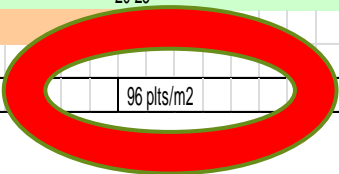
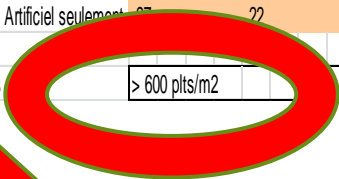
		semis										repiquage										espacement final										mise en serre					
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
		graine		germe levé			cotylédons déployés					1-2 feuilles															8-10 feuilles										
Hiver	lumière																																				
	T° Naturel et Artificiel	27		26			22-25																														
	Naturel	27		24			20-23																														
	Artificiel seulement																																				
Densités		> 600 plts/m <sup>2</sup>										96 plts/m <sup>2</sup>										15 plts/m <sup>2</sup>															



# Gestion du temps et de l'espace

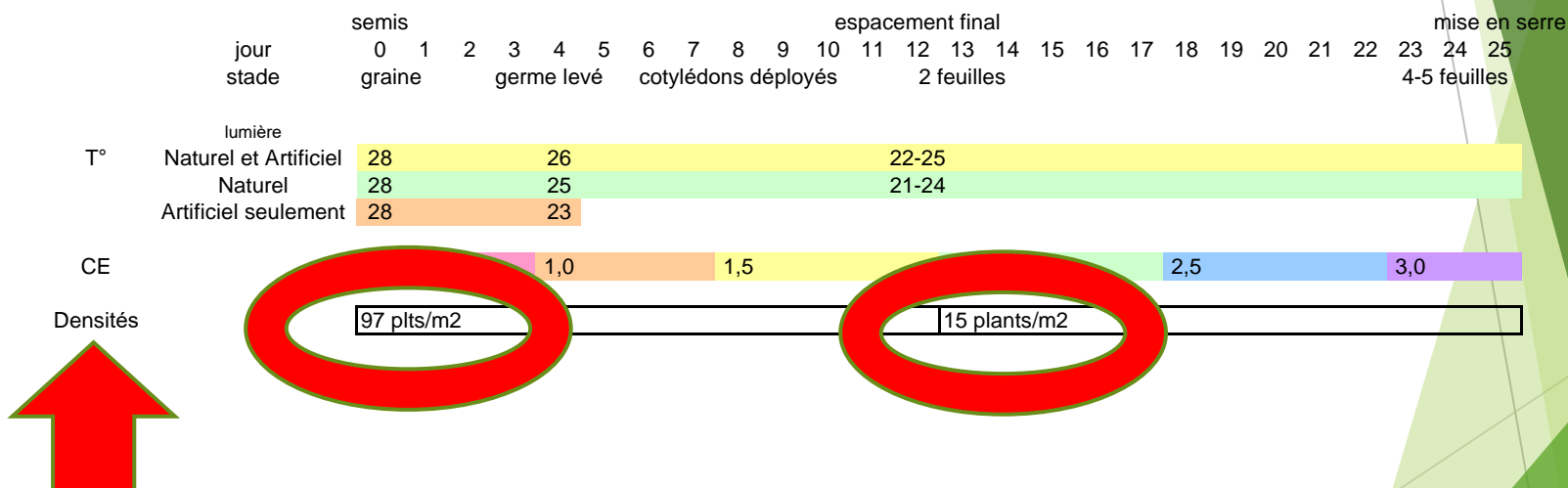
## ► Tomates greffées-pincées

		semis				greffage												repiquage			pinchage			espacement final										mise en serre																	
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
		jours		stade		graine		germe levé		cotylédons déployés														1-2 feuilles													8-10 feuilles														
Hiver	lumière																																																		
	T° Naturel et Artificiel	27				26												22-25																																	
	Naturel	27				24												20-23																																	
	Artificiel seulement	27				22																																													
Densités		> 600 plts/m <sup>2</sup>																96 plts/m <sup>2</sup>													15 plts/m <sup>2</sup>																				



# Gestion du temps et de l'espace

## ► Concombres



# Gestion du temps et de l'espace

## ► Poivron



### Préparation des transplants - Poivron

Stade	Pré-émergence	Post-émergence	Repiquage	Espacement	Mise en serre et plantation
Jour	1	5	17-18	30	42 - 53
Stade		Plantules gremées	À la 1 <sup>ère</sup> vraie feuille	Dès que les feuilles se touchent	Début du Y (Noeud 0) à un Y bien visible
Densité (plants/m <sup>2</sup> )	1000	1000	100	20	**** 2,7 - 3,5
Température	25-26°C	25°C jour-24°C nuit	23-25°C jour et 21°C nuit	21-23°C jour - 20°C nuit	***** 21-23°C jour - 20°C nuit

# Gestion du temps et de l'espace

## ► Aubergine

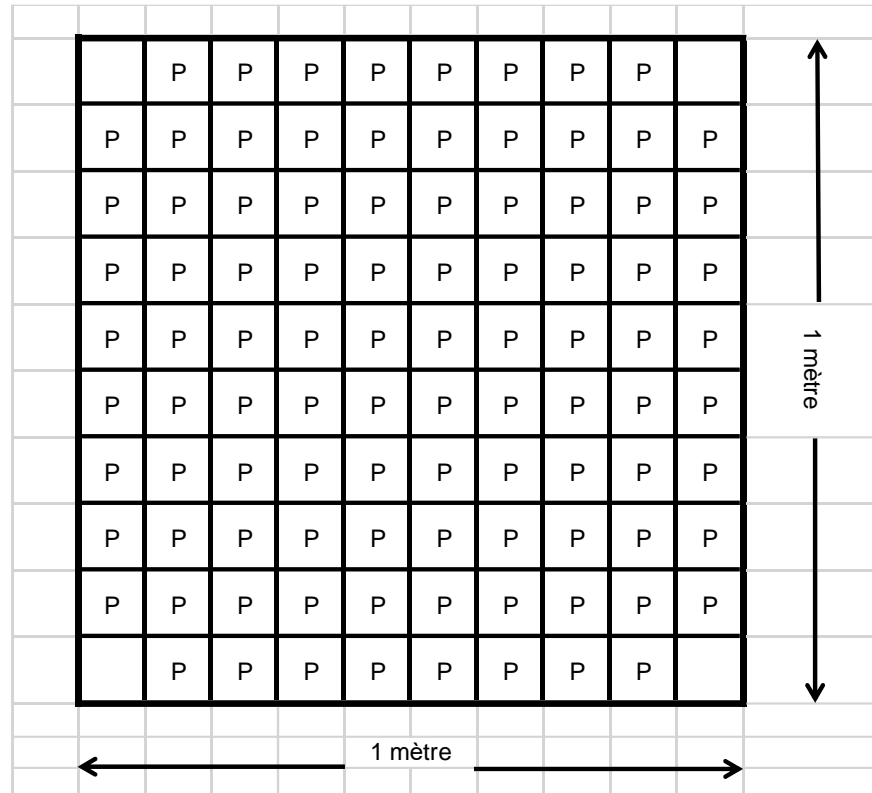


### Préparation des transplants - Aubergine

Stade	Pré-émergence	Post-émergence	Repliquage		Espacement		Mise en serre et plantation
Jour	1	5	Non greffé: 15 jours 22 jours	Greffé: 22 jours	Non greffé: 25-27 jours 32-35 jours	Greffé: 27-30 jours	42 - 53
Stade		Plantules gremées	À la 1 <sup>ère</sup> vraie feuille		Dès que les feuilles se touchent		Taille: 25 à 30 cm
Température	26-27°C	22°C jour-nuit (peu d'écart)	20-23°C jour-nuit (peu d'écart)		20-23°C jour-nuit (peu d'écart)		Hiver: 18-19°C Printemps: 22-23°C Peu d'écart-jour-nuit au départ
RH (DH)	100%	55-65%	55-65%		65-75%		60-80% (3-7 g/m3)
CO2		500-700 ppm	500-700 ppm		500-700 ppm		500-700 ppm
Lumière artificielle (PAR)		35 W/m2 PAR Bâtiment (175 umol/m2/s) ou 17 W/m2 en serre	35 W/m2 PAR Bâtiment (175 umol/m2/s) ou 17 W/m2 en serre		35 W/m2 PAR Bâtiment (175 umol/m2/s) ou 17 W/m2 en serre		
Besoin: DU (mol/m2/jour)		10	10		10		

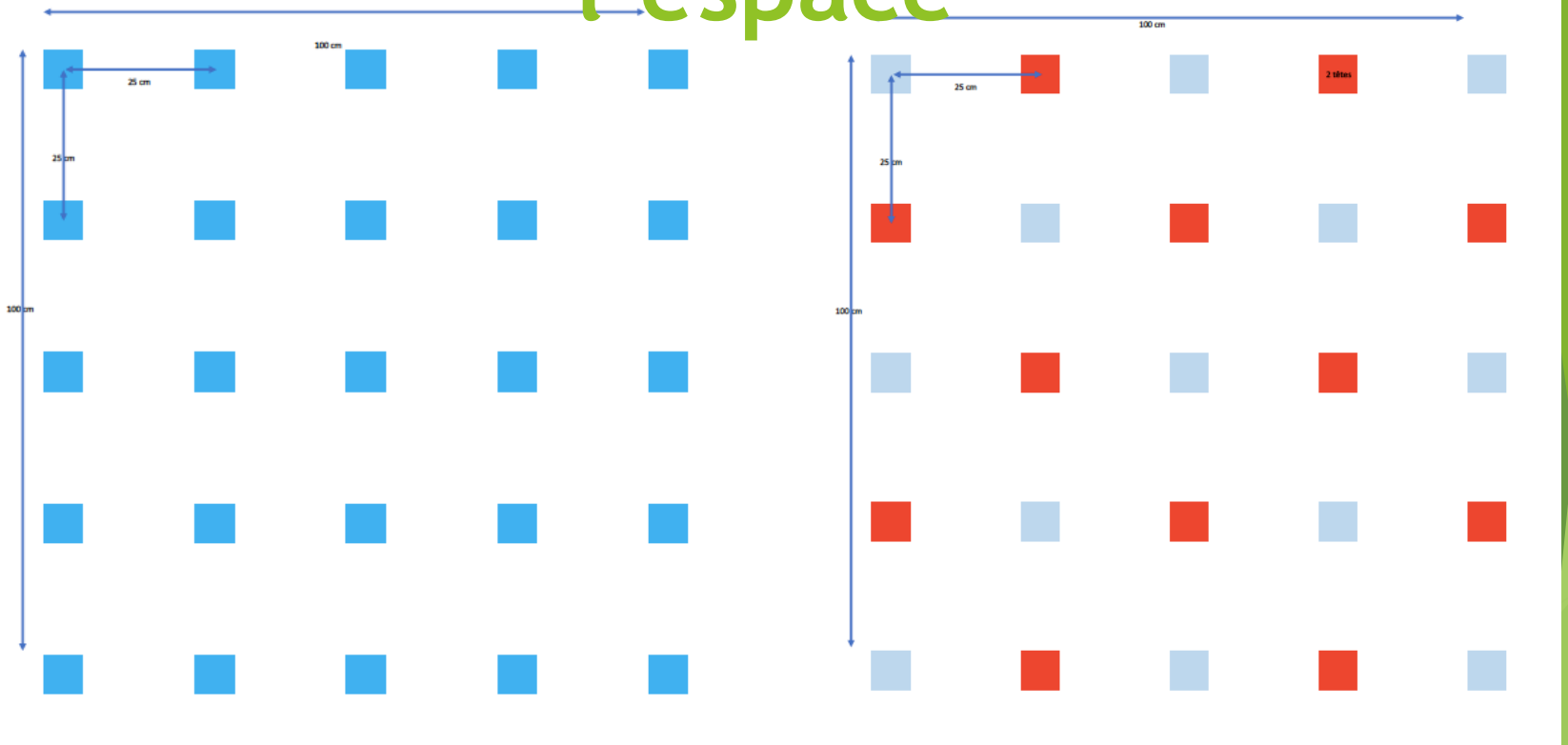


# Gestion du temps et de l'espace



**96 Plants/m<sup>2</sup>**  
**Ou**  
**100 cm<sup>2</sup>/pl (10cmX10cm)**

# Gestion du temps et de l'espace



**16 Plants/m<sup>2</sup>**  
**Ou**  
**625 cm<sup>2</sup>/pl (25 cm X 25 cm)**

**8 plants/m<sup>2</sup>**  
**Ou**  
**625 cm<sup>2</sup>/pl (25 cm X 25 cm)**

# Gestion du temps et de l'espace



# Gestion du temps et de l'espace



# Gestion du temps et de l'espace



# Gestion du temps et de l'espace

## ► Plant 1 tête



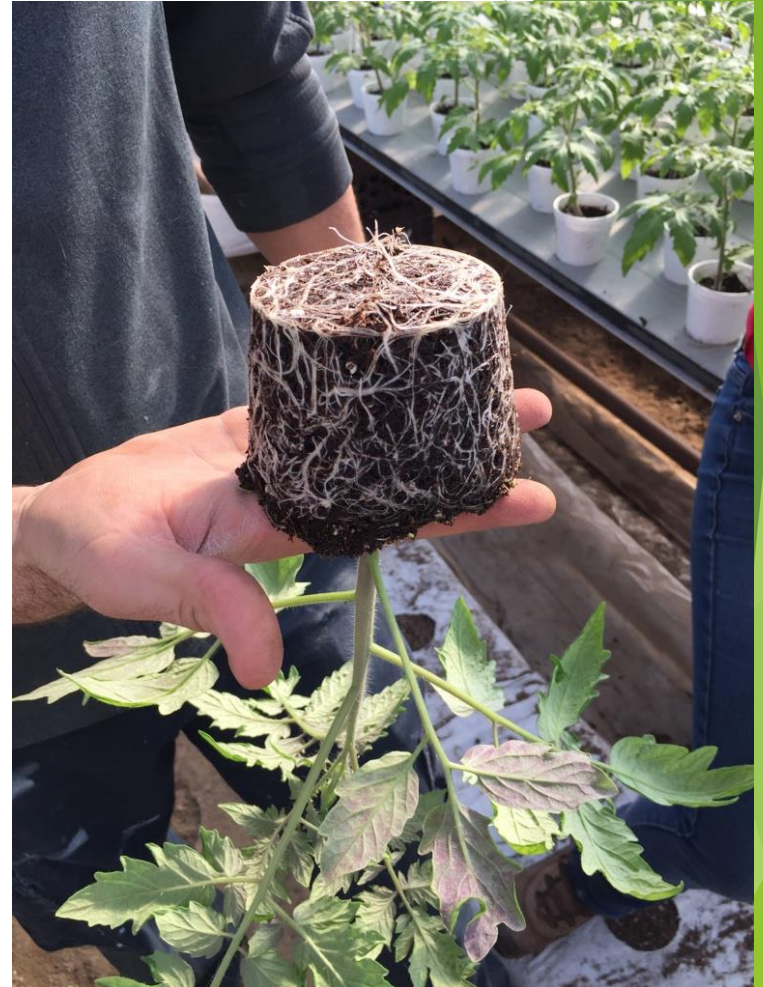
# Gestion du temps et de l'espace

## ► Plant 2 têtes



# Gestion du temps et de l'espace

- ▶ **Beau système racinaire!**





# Planification de la charge Densité

- ▶ Pourquoi :
  - ▶ Une plante est un être vivant
    - ▶ Peut engraisser
    - ▶ Peut maigrir
      - ▶ Détresse ou burn out

**RESPECTER LA CAPACITÉ DE PRODUCTION DE LA  
PLANTE EST LE MEILLEUR GAGE DE RÉUSSITE**

# Planification de la charge

Surcharge

Avortement



# Planification de la charge

Surcharge

Avortement



# Planification de la charge

**Surcharge**

**Avortement**



# Planification de la charge

Manque de charge après  
Surcharge

Russetting



# Planification de la charge

## Surcharge

## Fruits courts

- ▶ Concombre anglais:
  - ▶ 280 mm (11 pouces)
  - ▶ Exigences de l'ACIA en matière de longueur.

# Planification de la charge

Surcharge

Fruits  
pointus



# Planification de la charge

Surcharge

Pertes  
racinaires et  
maladies

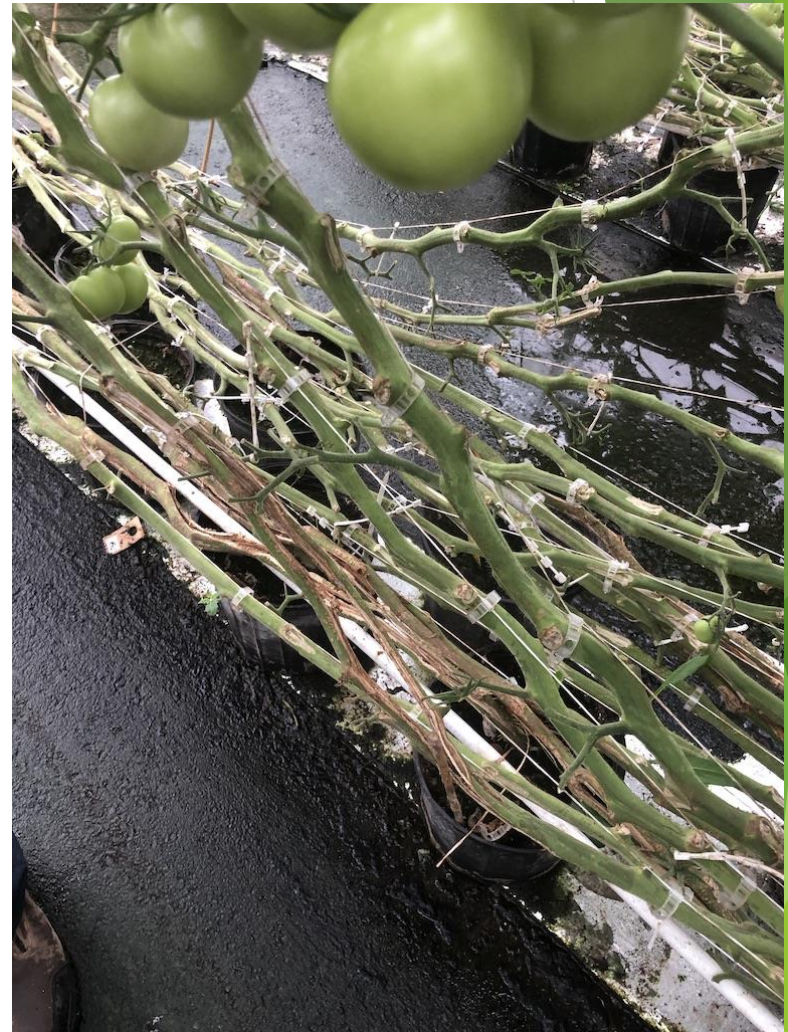




# Planification de la charge

**Surcharge**

**Burn out et  
maladies de  
tiges (Yellow  
stem)**



# Planification de la charge

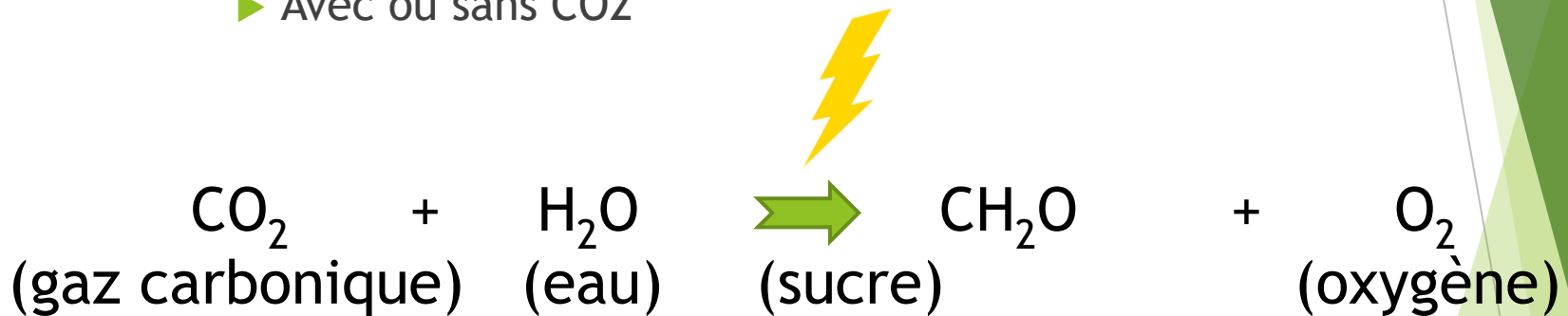
Surcharge

Burn out et  
maladies de  
tiges (Erwinia)



# Planification de la charge

- ▶ Étape 1 : Choix des densités
  - ▶ Premier critère :
    - ▶ Votre type de serre
    - ▶ Avec ou sans CO2



- Quantité et qualité des feuilles
- Lumière
- CO<sub>2</sub>
- H<sub>2</sub>O

## Structure et CO<sub>2</sub>

- ▶ **Type 1 : Serre à forte luminosité avec injection de CO<sub>2</sub>.**
- ▶ **Type 2 : Serre de forte luminosité sans injection de CO<sub>2</sub> ou de luminosité moyenne avec injection de CO<sub>2</sub>.**
- ▶ **Type 3 : Serre de luminosité moyenne sans CO<sub>2</sub>.**
- ▶ **Type 4 : Serre de faible luminosité sans CO<sub>2</sub>.**

# Les types de serre

- ▶ **Type 1 et 2: Serre à forte luminosité**
  - ▶ Arches espacés de 5pi et plus
  - ▶ Peu de structures dans le toit (W) (le plus commun) ou structures réfléchissantes (blanche)
  - ▶ Plastique de qualité
    - ▶ anti-goutte
    - ▶ Transparence (pas jaune)
  - ▶ Verre avant les années 2015
- ▶ Avec injection de CO<sub>2</sub> : Serres de type 1; peut devenir type 2 en été sans injection de CO<sub>2</sub>
- ▶ Il y a maintenant des serres de type 0,5
  - ▶ Nouvelles serres de verre avec CO<sub>2</sub>
  - ▶ Serres de polyéthylène : Luxuriante (Hol-Ser) et Luminosa (Harnois) avec CO<sub>2</sub>

# Type de serre

- ▶ **Type 3 : Serre de luminosité moyenne sans CO<sub>2</sub>.**
  - ▶ **Encombrement de toit assez important**
    - ▶ Mauvais polyéthylène
    - ▶ Arches rapprochés (4pi et moins)
    - ▶ W et trusts
    - ▶ Écrans thermiques trop larges lorsque non déployés
    - ▶ Les gens prennent le toit pour un corridor technique (ballons sales, fils électrique, tubes de chauffage rouillés, etc...)
- ▶ **Avec CO<sub>2</sub> : Serre de type 2**

## Type de serre

- ▶ **Type 4 : Serre de faible luminosité sans CO<sub>2</sub>.**
  - ▶ Serre en bois
  - ▶ Serre en polyéthylène très encombré
    - ▶ Serres institutionnelles ou de démonstration

# Quel est votre type de serre?

0,5-1,0-1,5-2-2,5-2,7-2,9-3-3,1-3,3-3,5-3,7-4



# Potentiel de rendement en tomate beef

- ▶ Type 0,5 : 72kg = 100%
- ▶ Type 1,0 : 60 kg = 83%
- ▶ Type 2,0 : 52 kg = 72%
- ▶ Type 3,0 : 45kg = 62,5%
- ▶ Type 4 : 40 kg = 55%
  
- ▶ Ça vous fâche ces chiffres!!! Moi aussi.

# Potentiel de rendement en tomate beef

- ▶ Type 0,5 : 72kg = 100% : Serre de production d'hiver sous éclairage
- ▶ Type 1,0 : 60 kg = 83% : Serre basse (3 saisons), serre haute (4 saisons)
- ▶ Type 2,0 : 52 kg = 72% : Serre 3 saisons
- ▶ Type 3,0 : 45kg = 62,5% : Serre d'entraînement ou 2 saisons
- ▶ Type 4,0 : 40 kg = 55% : Serre d'entraînement

La structure est votre meilleur investissement  
et rentabilise les autres activités (chauffage, main-d'œuvre, etc....)

# Planification de la charge

## ► Choix des densités Tomate : têtes/m<sup>2</sup>

Type de serre	Tomate			
	Beef			Cerise
	Moyenne	Grosses	Très grosses	
	190-210g	220-250g	>270g	
1	3,2	2,8	2,5	3,8
2	2,8	2,4	2,2	3,3
3	2,4	2,1	1,9	2,9
4	2,1	1,8	1,7	2,5

# Planification de la charge

- Choix des densités Concombre : têtes/m<sup>2</sup>

Type de serre	Concombre			
	Anglais		Libanais	
	Abaissé	Parapluie	Abaissé	Parapluie
1	2,5	1,8	3,5	2,5
2	2,2	1,6	3,0	2,2
3	1,9	1,4	2,6	1,9
4	1,7	1,2	2,3	1,7

# Planification de la charge

- Choix des densités Poivron : têtes/m<sup>2</sup>

Type de serre	Poivron	
	Blocky	Conique
1	6,5	8,5
2	5,6	7,3
3	4,9	6,4
4	4,3	5,6

# Planification de la charge

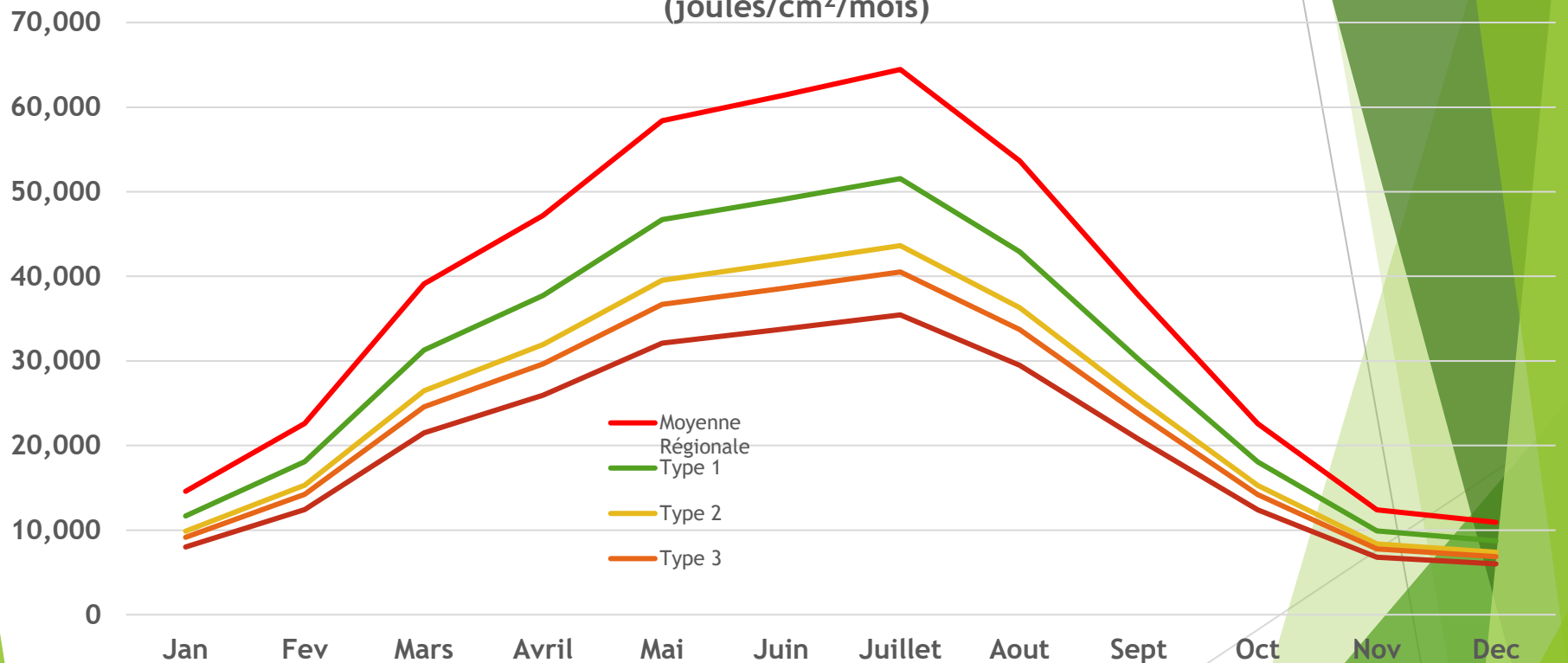
- ▶ Choix des densités aubergine :
- ▶ Calibre (g) X têtes/m<sup>2</sup>

Type de serre	Aubergine
	g/strate
1	2770
2	2402,9
3	2085,8
4	1835,5

# Planification de la charge

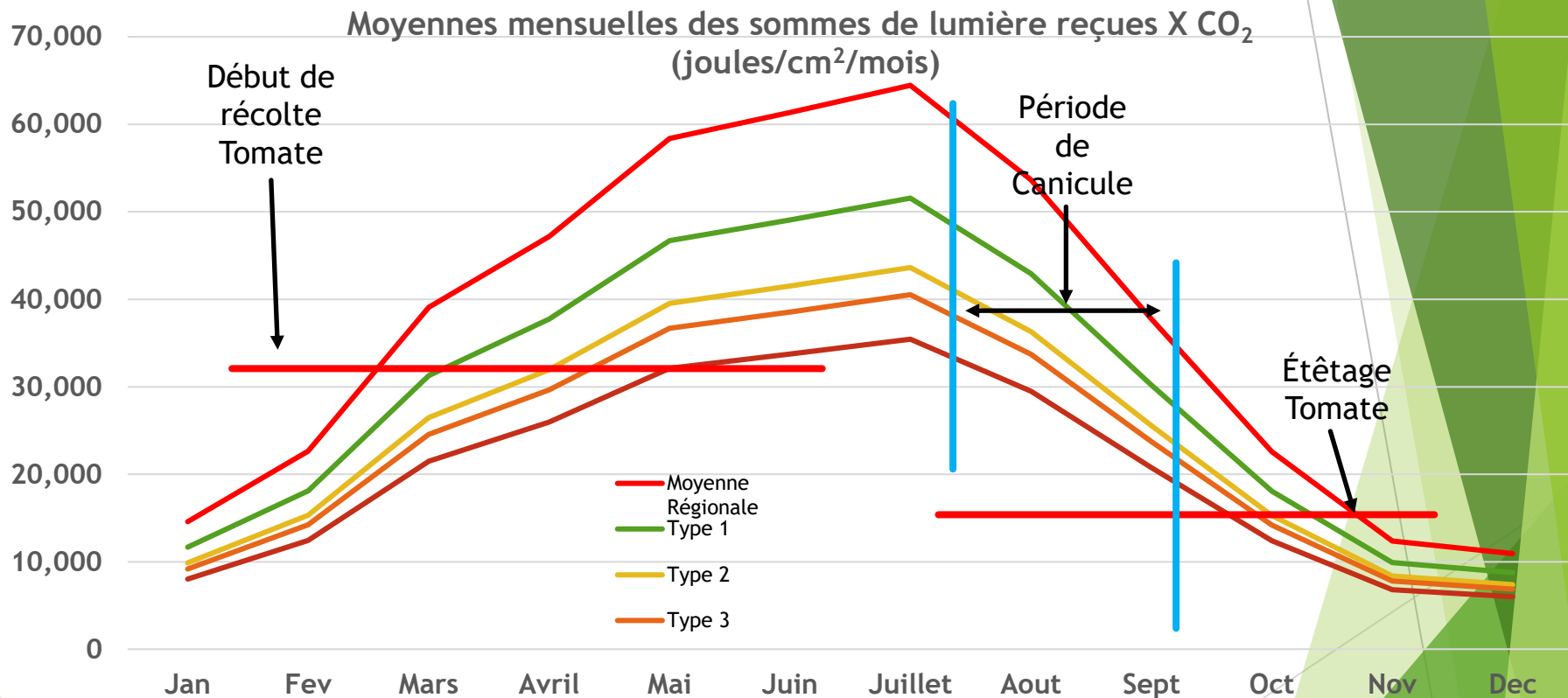
## Structure et CO<sub>2</sub>

Moyennes mensuelles des sommes de lumière reçues X CO<sub>2</sub>  
(joules/cm<sup>2</sup>/mois)



# Planification de la charge

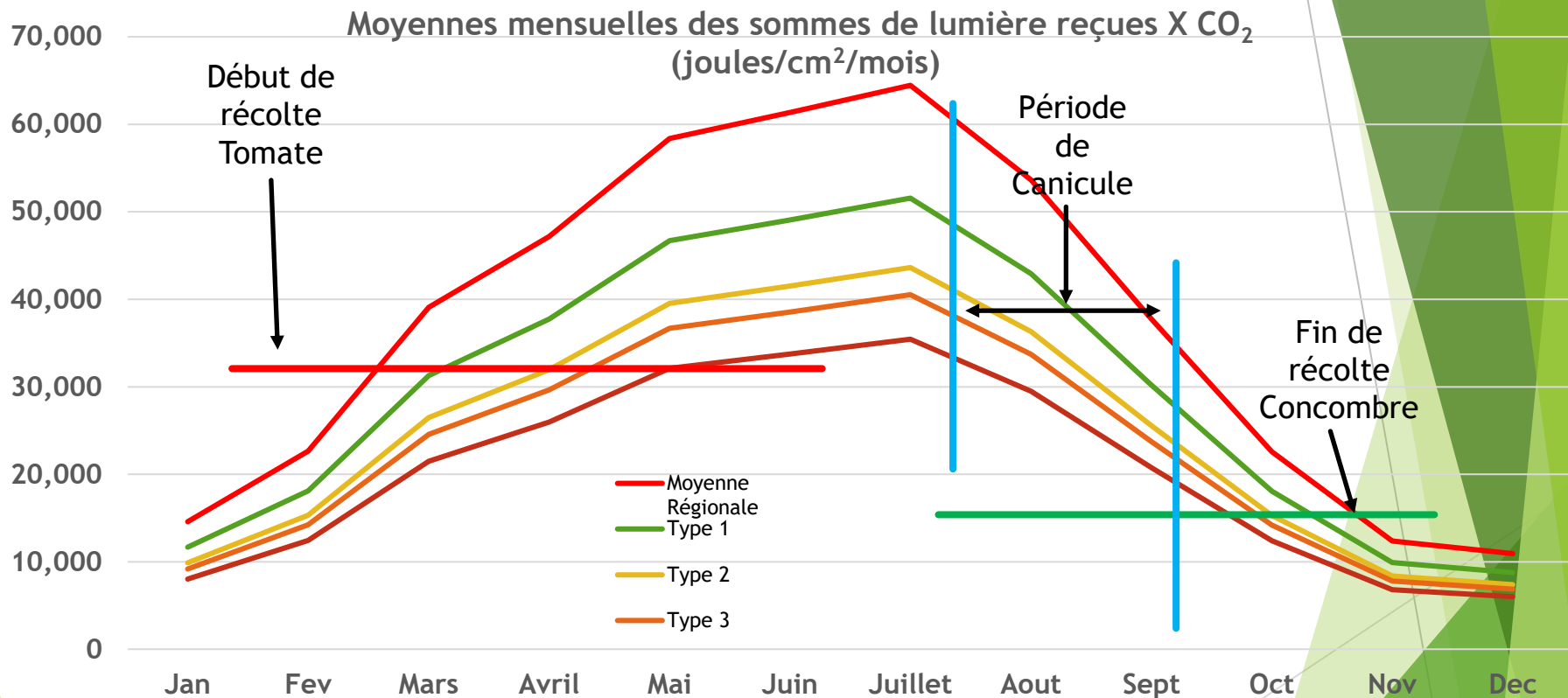
## Tomate





# Planification de la charge

## Concombre



# Planification de la charge

**Gestion de la charge:  
De la plantation à la canicule**

**Rejoindre le potentiel climatique  
sans jamais le dépasser**

# Planification de la charge

## Tomate

- Quand tailler à 3 fruits/grappe? Mi mai en général

Mois	Charge en fruits Tomates					Densité Tomates			
	T1	T2	T3	T4		T1	T2	T3	T4
	Fr/m <sup>2</sup>	Fr/m <sup>2</sup>	Fr/m <sup>2</sup>	Fr/m <sup>2</sup>		Pl/m <sup>2</sup>	Pl/m <sup>2</sup>	Pl/m <sup>2</sup>	Pl/m <sup>2</sup>
Janvier	13	2				2.0			
Février	35	18	3			2.0	2.8	2.4	
Mars	55	44	22	7		2.6	2.7	2.4	2.1
Avril	65	61	46	28		3,2	2.7	2.4	2.1
Mai	80	65	62	54		3,2	2,7	2,4	2,1
Juin	70	59	50	45		3,2	2.7	2.4	2.1
Juillet	65	55	45	40		3,2	2.7	2.4	2.1



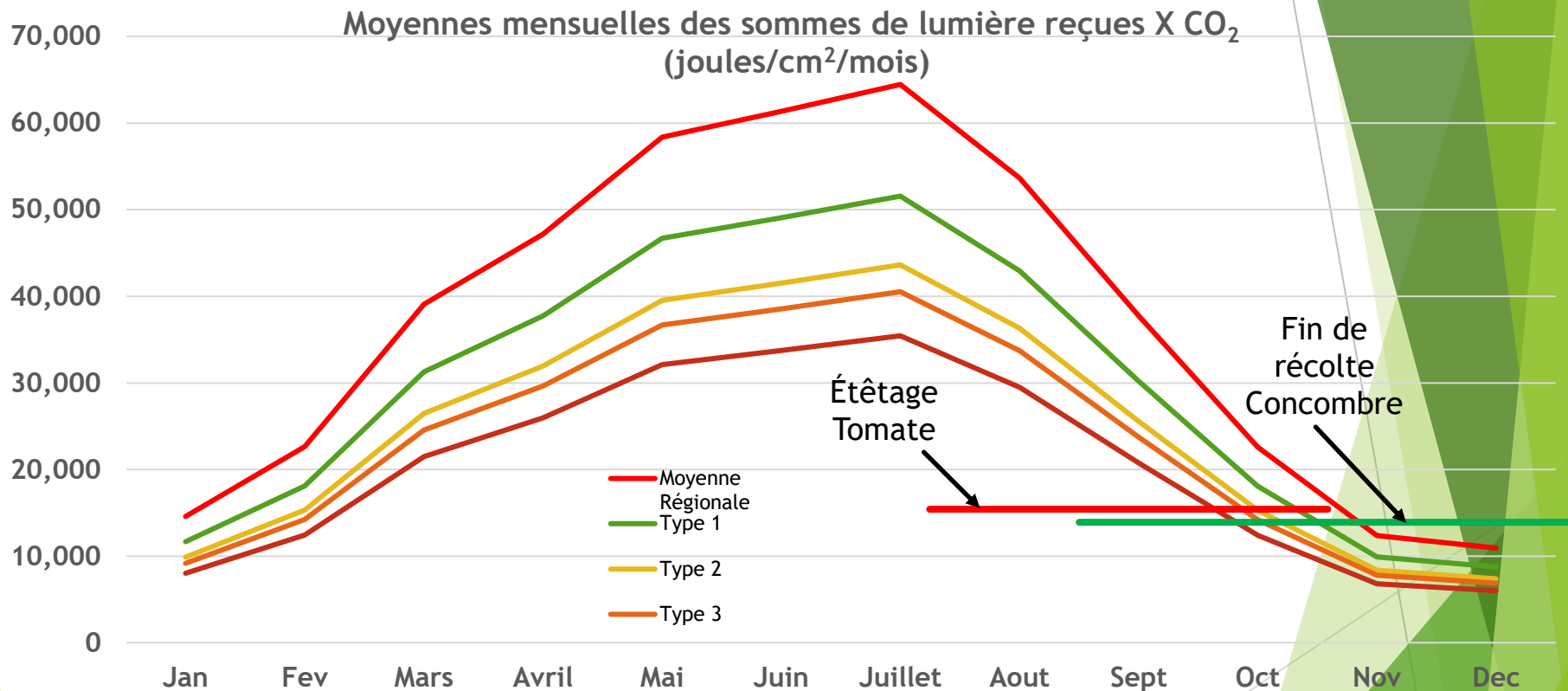
# Planification de la charge

**Gestion de la charge:  
Fin de saison**

**Tomate**

# Planification de la charge

## Limites de radiation - Fin de saison



# Planification de la charge

## Date d'étêtage

Choix de la date d'étêtage			
Date	Délai Étêt-réc	Date	Rdt max
Fin réc <sup>1</sup>	Semaines	Étêtage	kg/m <sup>2</sup>
2021-12-29	12	2021-10-06	11
2021-12-22	12	2021-09-29	12
2021-12-15	11,5	2021-09-25	13
2021-12-08	11	2021-09-22	13
2021-12-01	11	2021-09-15	13
2021-11-24	10,5	2021-09-11	13
2021-11-17	10	2021-09-08	13
2021-11-10	10	2021-09-01	13
2021-11-03	9,5	2021-08-28	13
2021-10-27	9	2021-08-25	13
2021-10-20	9	2021-08-18	13
2021-10-13	8,5	2021-08-14	13
2021-10-06	8,5	2021-08-07	13

# Planification de la charge

## Charge en fruits

Mois	Fruit crop load Tomatoes					Density Tomatoes			
	T1	T2	T3	T4		T1	T2	T3	T4
	Fr/m <sup>2</sup>	Fr/m <sup>2</sup>	Fr/m <sup>2</sup>	Fr/m <sup>2</sup>		Pl/m <sup>2</sup>	Pl/m <sup>2</sup>	Pl/m <sup>2</sup>	Pl/m <sup>2</sup>
Juillet	65	55	45	40		3,2	2.7	2.4	2.1
Août	65	55	45	40		2.6	2.7	2.4	2.1
Septembre	60	51	35	30		2.6	2.7	0.0	0.0
Octobre	50	32	26	9		2,6	0.0	0.0	0.0
Novembre	30	12	5			0.0	0.0	0.0	
Decembre	10					0.0			



# Planification de la charge

**Gestion de la charge:  
Fin de saison**

**Concombre**



# Merci!

Jacques Thériault agr M. Sc.

Climax Conseils

418-802-4316

[jacques.climaxconseils@gmail.com](mailto:jacques.climaxconseils@gmail.com)

Dany Boudreault T.P.

Climax Conseils

819-350-9498

[dany.climaxconseils@gmail.com](mailto:dany.climaxconseils@gmail.com)



**CLIMAX**  
CONSEILS

Experts en production maraîchère sous serre