

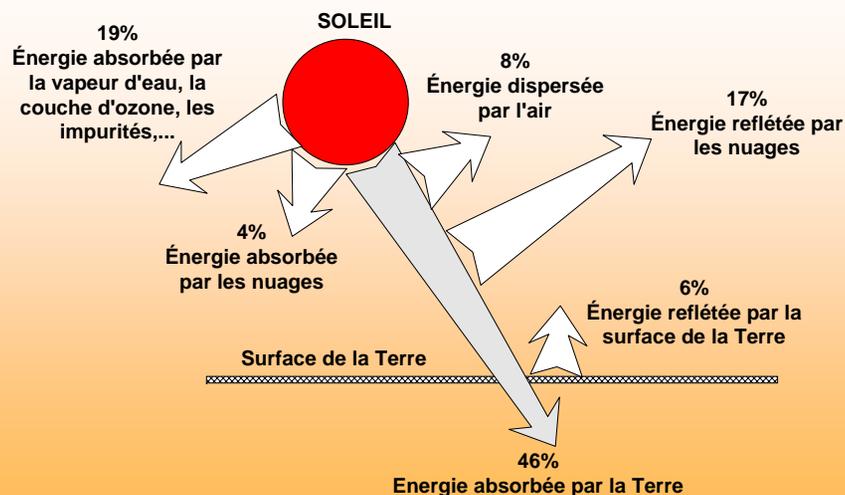
## GÉOTHERMIE – SOURCE ALTERNATIVE DE CHAUFFAGE pour les SERRES

Vasile Minea  
Journée d'information- HORTICULTURE  
ORNEMENTALE  
Sainte-Julie (Québec), 24 janvier 2006

## Plan de la présentation

- Principe de la technologie
- Types de systèmes
- Avantages et barrières
- Projet expérimental – serre Chicoutimi
- Conclusions

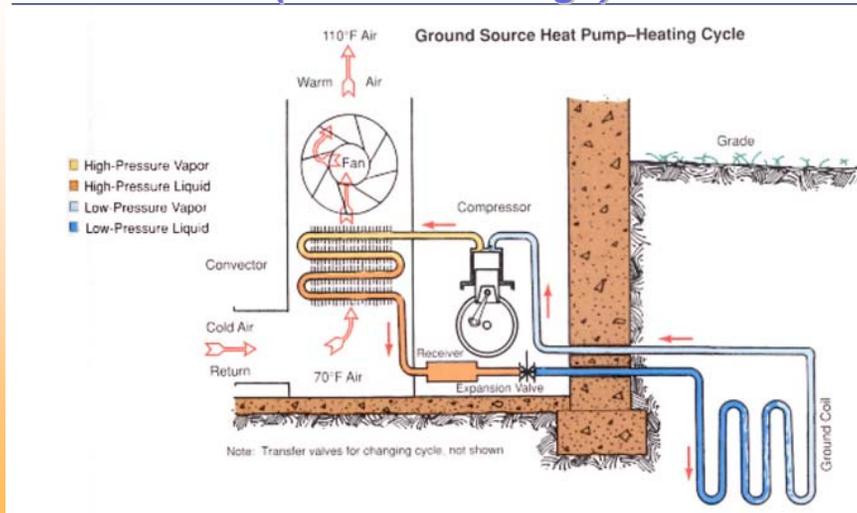
## Énergie solaire – SOURCE DE CHALEUR



## Sources géothermiques

- Sol (argile, sable, roc....)
  - Circuit indirect fermé – fluide intermédiaire
  - Circuit direct fermé – réfrigérant (DX)
- Eau phréatique (souterraine)
  - Boucles ouvertes ou puits à colonne (300 – 450 m)
- Eaux de surface: étang, lac, fleuve, rivière, mer
  - Circuit fermé
  - Circuit ouvert

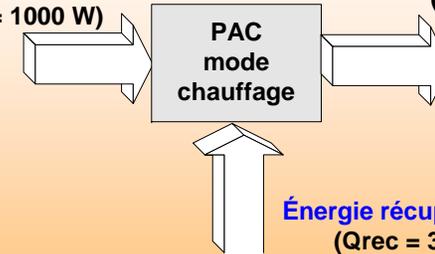
## Principe - PAC géothermique (mode chauffage)



## Coefficient de performance – mode chauffage

Énergie primaire consommée  
( $E_c = 1000 \text{ W}$ )

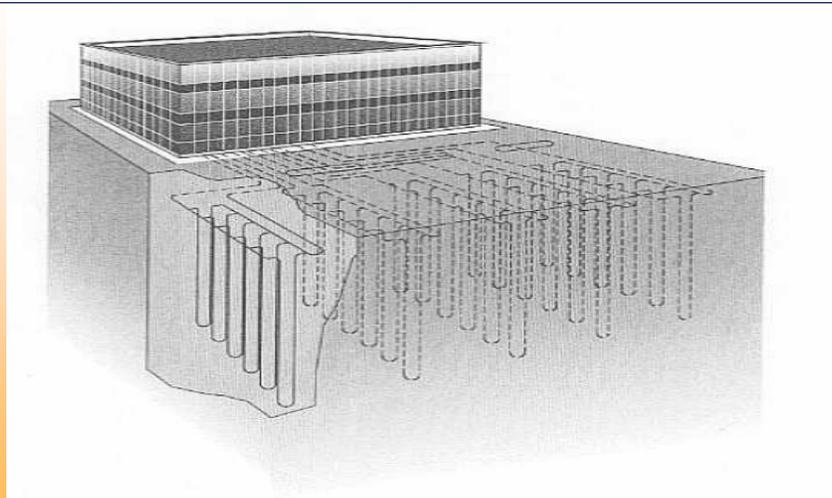
Énergie fournie au bâtiment  
( $Q_f = 4000 \text{ W}$ )



Énergie récupérée du sol  
( $Q_{rec} = 3000 \text{ W}$ )

$COP = \text{Coefficient de performance} = \frac{\text{Énergie récupérée du sol (W)}}{\text{Énergie primaire consommée (W)}} = \frac{Q_{rec}}{E_c} = \frac{4000}{1000} = 4$

## TYPE: Système fermé vertical



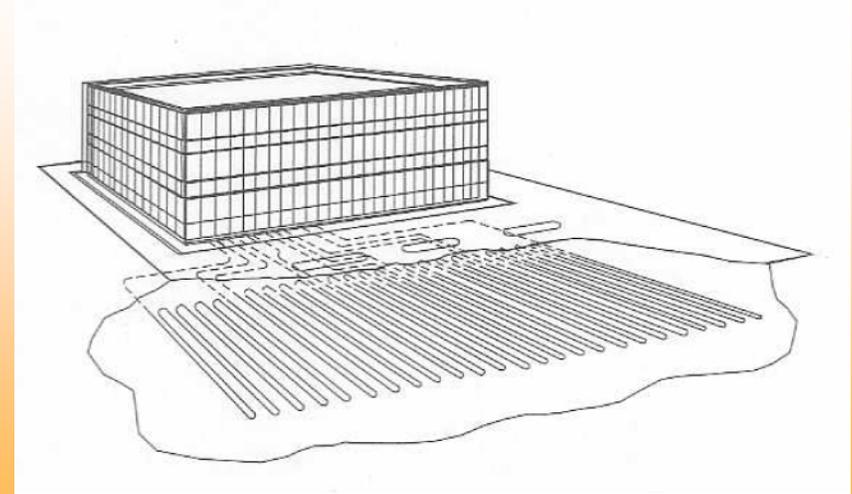
## Forage



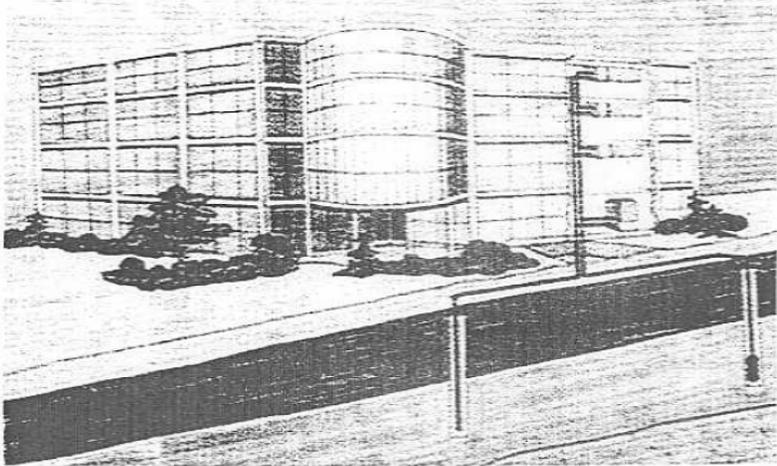
## Échangeur souterrain vertical



## TYPE: Système fermé horizontal



## Type: système ouvert (eau phréatique)



## Avantages et barrières

- Coûts énergétiques (chauffage) - réduits
- Systèmes écologiques – réduction des émissions de gaz à effet de serre
- **Barrières**
  - Efficacité énergétique – pas une priorité dans le passé
  - Prix des sources d'énergie – bas
  - Coûts de construction plus élevés (forages)
  - Méconnaissance de la technologie
  - Manque d'expérience et de formation
  - Absence d'incitatifs et/ou subventions directs
  - Absence de préoccupations environnementales
  - Quelques problèmes d'implantation vécus
  - Les incitatifs des compagnies d'électricité et/ou des agences gouvernementales – peuvent stimuler les implantations

## Applications pour les serres

- Littérature – informations limitées
- *Geo-Heat Center (GHC) et Oregon Institute of Technology (OIT)*
- Sources d'eaux souterraines chaudes (sans pompes à chaleur)
- Étude GHC (pour un coût du gaz naturel de 0,75 à 1,2 \$/100 000 Btu)
  - Systèmes fermés – viables pour un coût de forage d'environ 7 CD\$/pi (23 CD\$/m) – fournir 15% à 30% des besoins de chauffage
  - Systèmes ouverts – viables (fournir jusqu'à 85% des besoins de chauffage)

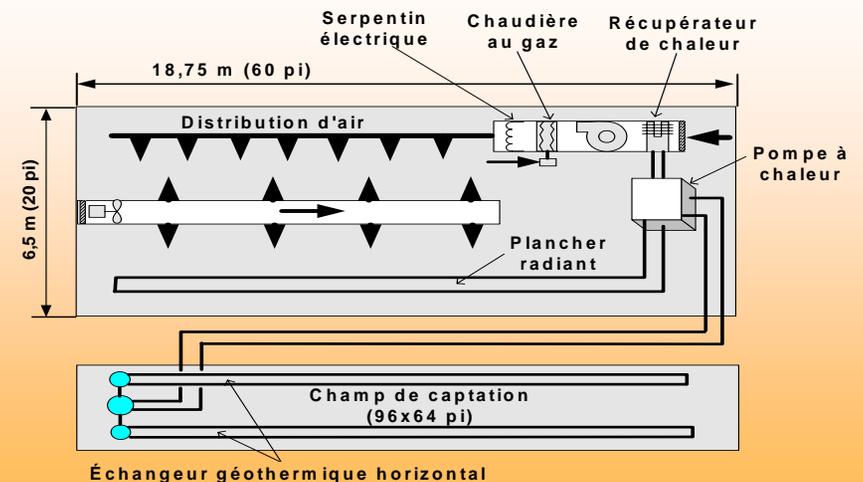
## Paramètres généraux de design (système fermé vertical)

- Trous de forage: D = 4" et D = 6"
- Profondeur: 500 à 600 pieds
- Dimensionnement (pieds de forage /tonne) – selon le type et dimension de serre
- Tuyaux - boucles verticales: D = 1 1/4"
- Matériel: PE – Haute Densité
- Joints par fusion thermique
- Débit du caloporteur: 2,5 – 3 US GPM/tonne
- Capacité d'extraction de chaleur: autour de 12 kW/500 pieds de forage

## Coûts des échangeurs souterrains verticaux (Québec)

- 16 à 24 CD\$/pied de forage, incluant:
  - Diamètre typique: 1 1/4"
  - Forages de D = 6" et 500 pieds de profondeur
  - Insertion des boucles en U et remplissage
  - Mortier avec BENTONITE sur 40 pieds
  - Tuyau de protection (CASING) sur 40 pieds
  - Distributeur - sur 150 pieds de la serre
  - Purges

## Serre expérimentale – Chicoutimi



## Serre expérimentale – Chicoutimi (2000 – 2003)

### ➤ Partenaires

- *PMG Climatisation* (Alma, Québec) – conception et fabrication
- *Ressources Naturelles Canada* (NRCan)
- *Hydro-Québec*: suivi, analyse et mise au point

### ➤ Prototype expérimental

- Nouveau réfrigérant (environnement)
- Valider le concept (expansion directe et chauffage par plancher radiant) – pour les serres agricoles

## Serre expérimentale - Chicoutimi



## Échangeur horizontal – circuit direct



## Serre expérimentale - Chicoutimi



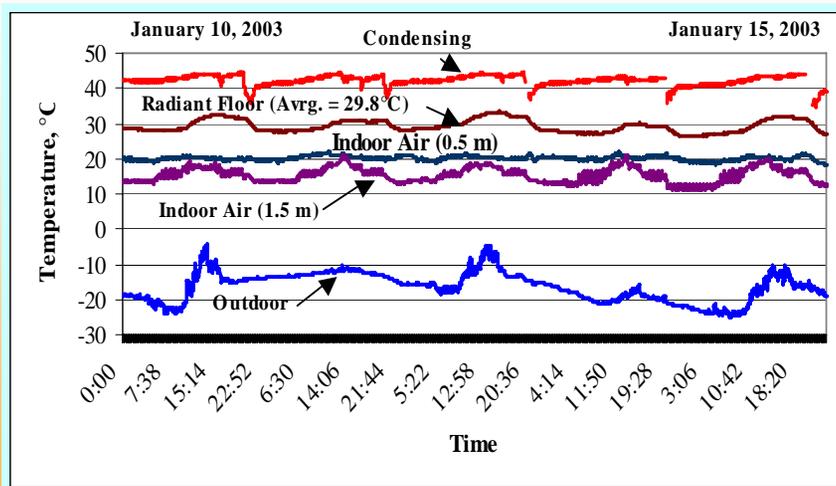
## Serre expérimentale - Chicoutimi



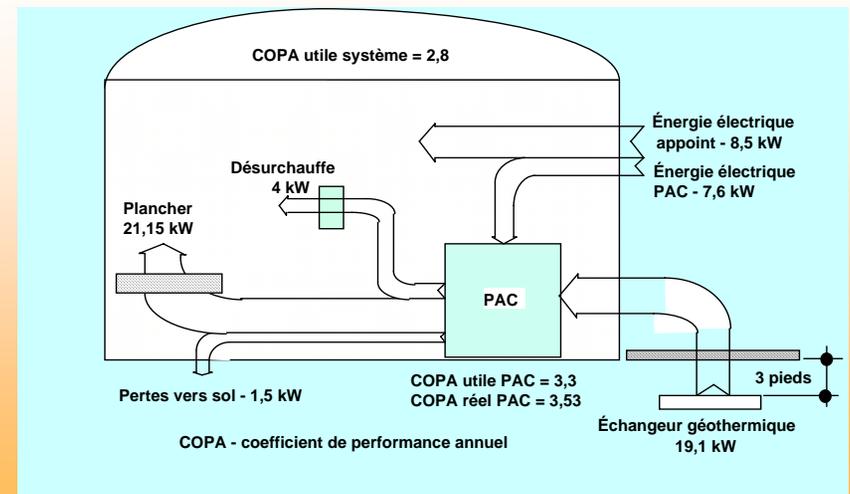
## Serre expérimentale - Chicoutimi



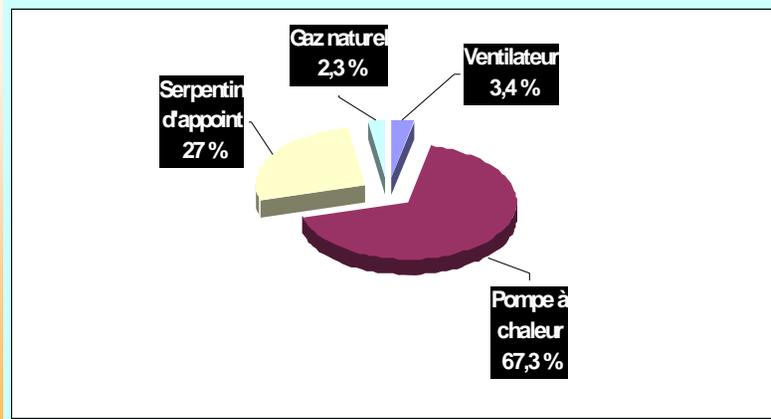
## Températures (semaine - froid extrême)



## Bilan énergétique annuel



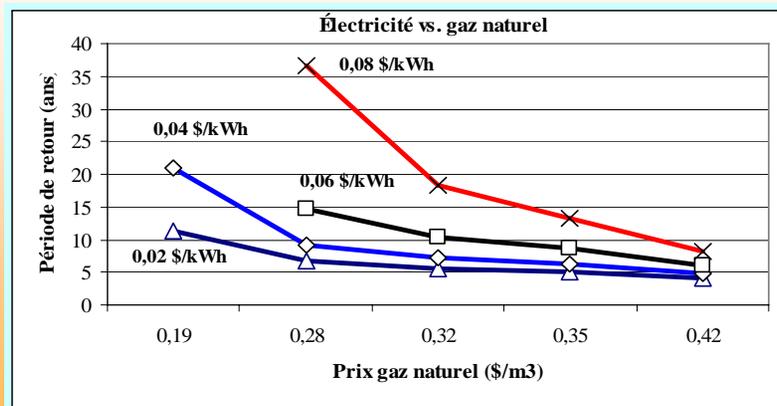
## Bilan énergétique annuel



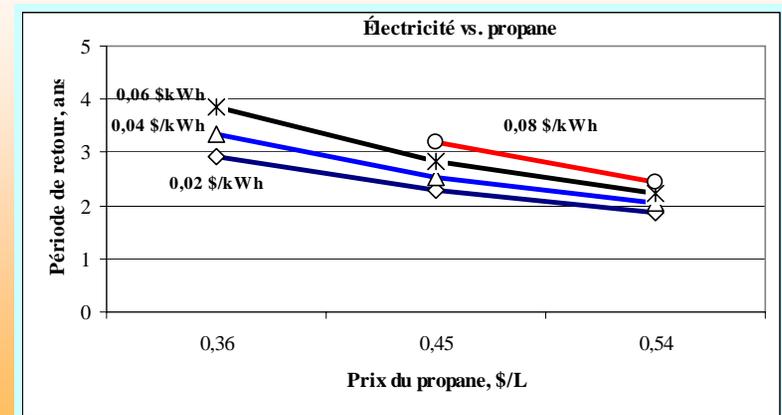
## Performances

Type	COP	Observation
Réel	3,5	Incluant les déperditions
Utile	3,3	Plancher + récupération
Global - système	2,7	Incluant l'appoint

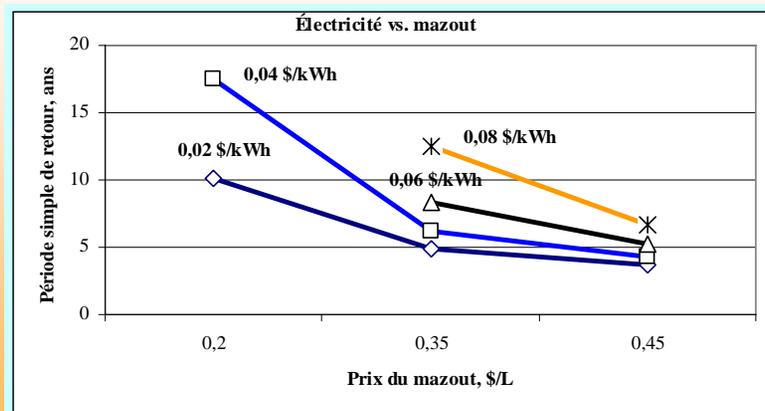
## Période simple de recouvrement (électricité vs. gaz naturel)



## Période simple de recouvrement (électricité vs. propane)



## Période simple de recouvrement (électricité vs. mazout)



## Première production de tomates



## Conclusions

### Serre expérimentale Chicoutimi

- Taux d'utilisation de la pompe à chaleur: 56 %
- Capacité: ~ 70 % de la charge maximale de chauffage
- Consommation d'électricité: 67 % du total
- Appoint électrique: ~ 27 % du total
- Appoint au gaz naturel: 2,3% du total
- Température moyenne du plancher: ~ 30 °C
- COP utile annuel (plancher et récupération): 3,3
- Période simple de recouvrement: de 5 à 10 ans selon les prix des énergies
- EQUATERA INC. (Alma, Saguenay) – commercialisation du concept

## Conditions d'application de la géothermie

- Volonté et intérêt des producteurs :
  - Efficacité énergétique
  - Protection de l'environnement
- Surface/capacité maximale – à optimiser
- Étude à venir: ITA/Hydro-Québec
- Disponibilité d'une surface de terrain suffisante
- Serres mieux isolées
- Faibles rapports - prix électricité/prix combustibles fossiles
- Programmes incitatifs, tarifs favorables...

---

Vous retrouverez ce document sur le site  
Agrideseau.qc.ca

