



# BIENVENUE

PRESENTATION IQDHO

24 JANVIER 2006

ÉTUDE DE CAS D'UN PROJET DE SERRE EN GÉOTHERMIE

**Les Serres Frank Zyromski Inc.**



## Présenté par:

- **Bernard Messier**, Ing., Président
  - BMA Geo-Energie Inc., Montréal, Canada
  - Installateur Accrédité en géothermie (2000)
  - Designer certifié en géothermie par IGSHPA, AEE (2004)
  - Spécialiste en géothermie commerciale et industrielle
  - Ingénieur spécialisé en géologie et géotechnique
  - Spécialiste en forage
  - 5 ans d'expérience en design de systèmes géothermiques
  - 30 ans d'expérience en ingénierie

## Présenté par:



- **GEO-ENERGIE Inc.**
  - Bureau d'ingénieurs conseils
  - Spécialisé en géothermie
  - Professionnels, Concepteurs et Formateurs IGSHPA (International Ground Source Heat Pump Association)
  - Calculs, conception, tests de conductivité
  - Recherche d'incitatifs financiers (Subventions)
  - Partenaires d'Hydro-Québec



*Appui aux initiatives –  
Optimisation énergétique  
des bâtiments  
Marché commercial  
et institutionnel*

## 1- Nature du problème

Suite à la disparition du tarif bi-énergie certains serriculteurs doivent songer à des sources d'énergie alternatives.

Ce fut le cas pour  
« Les Serres Frank Zyromski »  
qui allaient voir leur facture de  
chauffage doubler à partir d'avril 06



## 2- Solutions possibles

1. Géothermie
2. Biomasse
3. Huile seulement
4. Énergie solaire
5. Combinaison de différentes sources d'énergie

## 2- Solution retenue

# La Géothermie

## Pourquoi la géothermie?

- Utiliser la chaleur gratuite fournie par la terre
- Solution Environnementale
- Énergie renouvelable
- C'est la solution logique



## Notions de base!

- Quelques notions de base vous aideront à mieux saisir ce qu'est la géothermie.
- La Chaleur
- La conductivité des sols

## 1- Concept de base: La Chaleur

Le froid n'existe pas

Seule la chaleur existe



La chaleur c'est de l'énergie et elle existe à différents degrés

## 1- Concept de base: La Chaleur

**La chaleur se propage toujours du plus chaud vers le plus froid**

• Par radiation comme le soleil



• Par conduction comme dans le métal ou dans le roc



• Par convection comme dans l'air chaud ou l'eau



## 1- Concept de base: La Chaleur

Pensons à une tasse qui se refroidit:

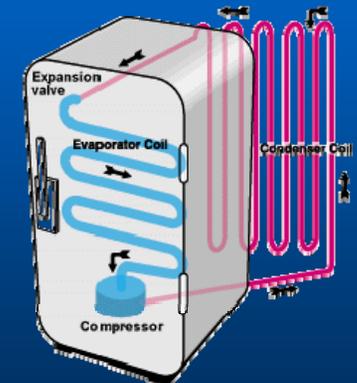
Toujours du chaud vers le froid



## 1- Concept de base: La Chaleur

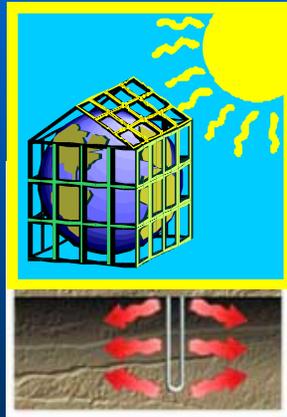
Dans un réfrigérateur, on n'introduit pas du froid → On soutire de la chaleur et on la rejette à l'extérieur.

La quantité de chaleur rejetée est directement proportionnelle à la différence de  $T^{\circ}$  entre l'intérieur et l'extérieur



## 1- Concept de base: La Chaleur

La même chose en climatisation → On soutire la chaleur de la serre et on la rejette dans le sol → On peut ainsi stocker de la chaleur pour l'hiver suivant



## 1- Concept de base, système géothermique

Refroidissement (Été)



Chauffage (Hiver)



La climatisation des serres peut s'avérer très rentable pour recharger l'échangeur souterrain, le contrôle d'humidité et des insectes nuisibles.

## 2- D'où vient la chaleur de la terre ?

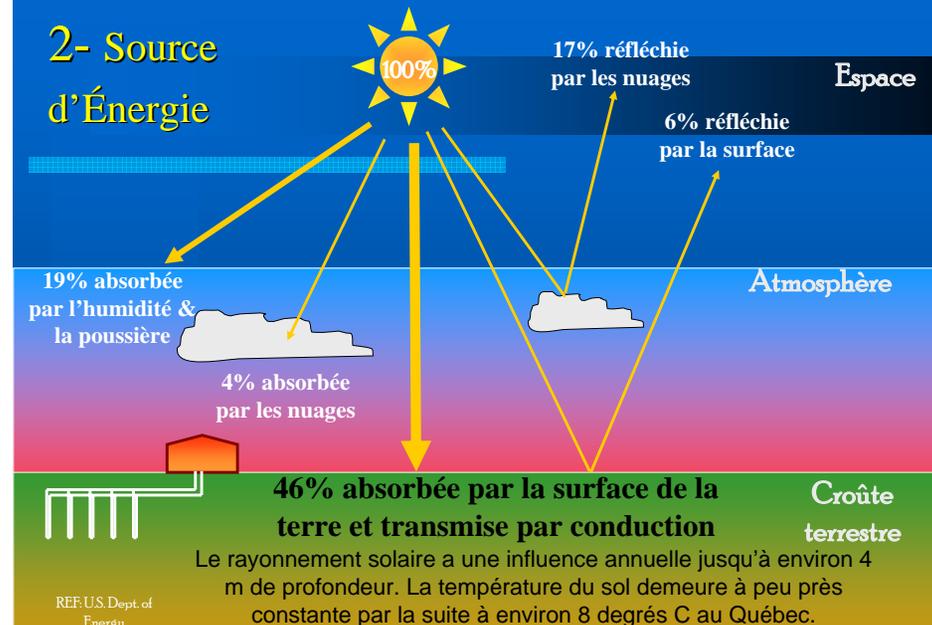
### ● Une petite partie nous vient du rayonnement solaire



- Le soleil émet  $1\ 367\ \text{W/m}^2$  et seulement 46 % atteint la surface du sol de façon utile ( $430\ \text{Btu/h}\cdot\text{pi}^2$ ) à l'équateur, moins à nos latitudes.

- L'effet du rayonnement solaire est limité à la couche superficielle du sol

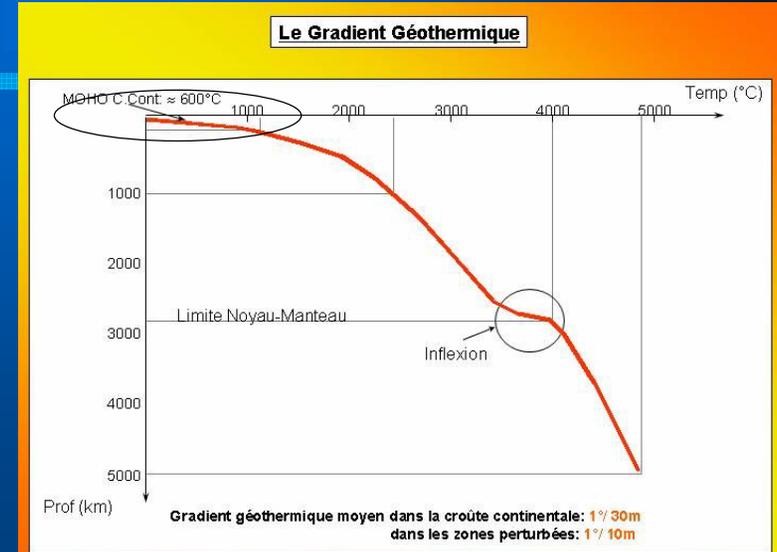
## 2- Source d'Énergie



## 2- D'où vient la chaleur de la terre

- La majeure partie provient du centre de la terre par conduction
  - Le gradient géothermique dans la croûte terrestre est de 1 à 3°C/100 m.
  - Plus le forage est profond, plus la température de la roche est élevée et plus le système est efficace.
- Cette énergie se renouvelle sans cesse même en hiver.

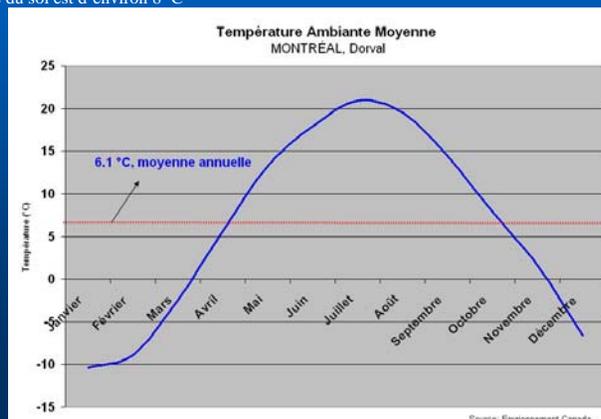
## 2- Source d'Énergie



## 2- Source d'Énergie

La température moyenne annuelle de l'air est de 6.1° C

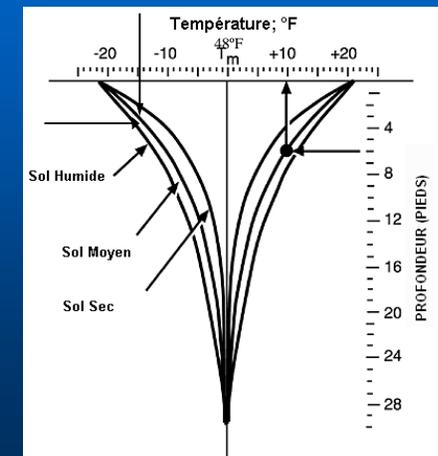
La température moyenne du sol est d'environ 8° C



## 2- Source d'Énergie

Variation saisonnière naturelle de la température du sol en fonction de la profondeur

On a donc avantage à enfouir notre échangeur souterrain le plus profondément possible.



# 3- Cas pratique d'une serre existante

## Les Serres Frank Zyromski

L'Annonciation, Qc

M. Frank Zyromski &  
Mme. Louise Saint-Arnaud;  
Propriétaires



# 3- Cas pratique d'une serre existante

## Étape 1) Étude de la consommation énergétique existante

- Compilation du coût de toutes les sources d'énergie utilisées (électricité, huile, gaz, propane) et de leur équivalent en Btu ou kWh annuel.
- On transforme toutes les formes d'énergie de chauffage en Btu annuels ou en kWh annuels.

Exemple: 1 litre d'huile à 70 % d'efficacité donnera environ 25,555 Btu ou 7.5 kWh

Exemple: 1kW = 3412 Btu/h

# 3- Cas pratique d'une serre existante

**GEO-018** | 1351 Gay Lussac, Bouchenille, QC, J4B 7K1  
T: 450-641-9128 | F: 514-221-3243

PROJET: GEO-018 | NOM: Les Serres Serres Frank Zyromski, ingénierie1

**GEO-030** | 1351 Gay Lussac, Bouchenille, QC, J4B 7K1  
T: 450-641-9128 | F: 514-221-3243

PROJET: GEO-030 | NOM: Serres Frank Zyromski, ingénierie1

ELECTRICITÉ		# jour	kWh	kW puiss.	Montant	\$/kWh
14-mars-03	11-avr-03	28	301200	1086	\$10 572,12	\$0,0351
11-avr-03	13-mai-03	32	259000	888	\$9 066,80	\$0,0351
13-mai-03	12-jun-03	30	146400	480	\$5 138,64	\$0,0351
12-jun-03	14-jul-03	32	96400	216	\$3 032,64	\$0,0351
14-jul-03	13-août-03	30	82800	288	\$2 906,28	\$0,0351
13-août-03	12-sept-03	30	88200	504	\$3 086,82	\$0,0351
12-sept-03	14-oct-03	32	185400	900	\$6 507,54	\$0,0351
14-oct-03	12-nov-03	29	343800	990	\$12 067,38	\$0,0351
12-nov-03	15-déc-03	33	472400	936	\$16 581,24	\$0,0351
15-déc-03	14-janv-04	30	392400	1062	\$13 773,24	\$0,0351
14-janv-04	11-févr-04	28	306000	936	\$10 740,60	\$0,0351
11-févr-04	15-mars-04	33	360000	1080	\$12 636,00	\$0,0351
<b>TOTAL JOURS:</b>		<b>367</b>			<b>\$106 107,30</b>	

**HISTORIQUE ÉLECTRIQUE**

**CONSOMMATION ÉLECTRIQUE**

Chaudière:	2	kWh net total:	2547297
Capacité:	3 686 040	kWh chauff.:	2470878
Efficacité:	99	kWh clim.:	0

HUILE #2			GAZ NATUREL		
Date (aa-mm-jj)	Quantité (Litre)	Coût	Date (aa-mm-jj)	Quantité (m3)	Coût
2004-01-07	3225,1	\$1 296,49			
2004-01-29	1476,8	\$627,64			
2004-02-29	2089,1	\$862,80			
2004-02-29	3531,4	\$1 479,66			
2004-02-29	3323,5	\$1 339,37			
2004-02-29	4100,5	\$1 746,81			
2004-02-29	3700,5	\$1 635,62			
2004-03-30	1979,6	\$841,33			
2004-03-30	1794,7	\$743,01			
2004-03-30	18655	\$7 975,01			
2004-03-30	0	-\$121,26			
2004-03-30	5418,7	\$2 433,00			
2004-02-23	2368	\$985,09			
2004-06-30	3020,1	\$1 292,60			
2004-06-30	1485,1	\$653,44			
2004-06-30	2147,3	\$955,55			
2004-06-30	484,7	\$210,36			
2004-11-16	2577,2	\$1 268,60			
Total:		<b>61 377,3</b>	Prix moyen au m3:		\$0,0000
		<b>26 245,12 \$</b>	Total:		<b>0,0</b>
Chaudière:		<b>Volcano</b>	Chaudière:		
Capacité:		<b>4 200 000</b>	Capacité:		
Efficacité:		<b>75,0</b>	Efficacité:		

HUILE USÉE			GAZ PROPANE		
Date (aa-mm-jj)	Quantité (litre)	Coût	Date (aa-mm-jj)	Quantité (litre)	Coût
15-janv.-04	10799	1673,85			
27-janv.-04	32373	5017,82			
15-févr.-04	33035	5120,53			
29-févr.-04	33035	5120,43			
21-mars-04	26474	4103,47			
30-mars-04	27086	4198,33			
17-avr.-04	33000	5115,00			
26-avr.-04	32169	4986,20			
18-mai-04	-30311	-4698,21			
31-mai-04	43194	7127,01			
18-oct.-04	43276	7140,54			
18-mai-04	33030	5449,95			
Prix moyen au litre:		\$0,1588	Prix moyen au litre:		\$0,0000
<b>Total:</b>	<b>317 160,0</b>	<b>50 355,08 \$</b>	<b>Total:</b>	<b>0,0</b>	<b>- \$</b>
Chaudière:	Volcano		Chaudière:		
Capacité:	5 250 000	Btu/heure	Capacité:		Btu/heure
Efficacité:	67,0	%	Efficacité:		%

Valeur calorifique:				Grand total:	
	Btu	Unité	Prix		
Huile #2	30770	/litre	\$0,6300		182 707
Huile Usée	34679	/litre	\$0,1588		
kWh	3413	/kWh	\$0,0650		
Propane	87,5	/litre	\$0,0000		
Gaz Naturel	35913	m <sup>3</sup>	\$0,0000		

RÉSUMÉ CHAUFFAGE		
Électrique	8 433 106 921	Btu / An:
Huile usée	7 369 190 399	Btu / An:
Huile #2	1 416 434 841	Btu / An:
Gaz NATUREL	0	Btu / An:
Gaz PROPANE	0	Btu / An:
<b>Chauffage total:</b>	<b>17 218 731 961</b>	<b>Btu/an</b>
<b>Chauffage nourrice #1 (ce projet)</b>	<b>5 303 369 444</b>	<b>Btu/an</b>

Dans notre exemple, on consomme donc l'équivalent de 5.3 milliards de Btu en une année normale de chauffage sur la partie 1 de la serre.

### 3- Cas pratique d'une serre existante

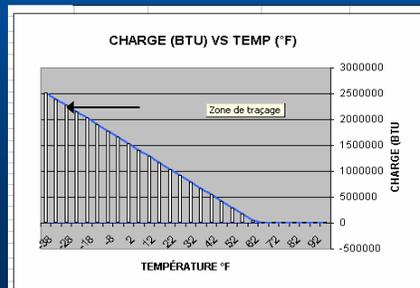
#### Étape 2) Nous calculons la charge thermique maximale en relation avec le type de serres

(C'est-à-dire la capacité maximale requise des équipements de chauffage pour chauffer la journée la plus froide de l'hiver)

- La perte de chaleur est directement proportionnelle à la différence de température entre l'extérieur et l'intérieur.

- La surface sous la courbe représente 5.3 milliards de BTU

- La charge de design de notre exemple est 2,080,000 BTU/h



### On prend note de toutes les caractéristiques des serres

**Étape 1**

Type de serre:

Inscrire les dimensions en pieds!

Hauteur du mur, A=	A1	13
Largeur de la serre, B=	B1	24
Longueur de la serre, C=	C1	120
Longueur du chevron, D=	D1	13,8
Hauteur du mur bas, E=	E1	4
Hauteur du mur haut, F=	F1	9
Hauteur du Gable, G=	G1	9
Hauteur du toit, H=	H1	22

**Étape 2**

Température intérieure nuit	Tint=	70 F
Nombre de serres	Ns=	7
Température de design	Td=	14 F
Surface du mur bas:	2136	
Surface du mur haut:	4806	
Mur à matériau unique:	6942	
Surface toiture gable:	23184	
Surface de toiture courbée:	11592	
Surface en Ogive:	0 =X	
Surface en demi-cercle:	0 =Y	
Surface Gable-toit:	0 =Z	
Périmètre:	534	
Delta T	84	

**Étape 3**

Description des matériaux de construction de la serre:

Mur Bas,	U1=	Polyur.thone expansé, 1 pouce	9	0,16
Mur Haut,	U2=	Vitre, Double épaisseur, 1/4 pouce espacé	10	0,7
Mur à matériau Unique,	U3=		-	-
Matériau des extrémités,	U4=	Polystyrène expansé, 1 1/2 pouces avec parei en aluminium deu	28	0,12
Toit,	U5=	Vitre, simple épaisseur	9	1,1
Périmètre,	U6=	Isolati avec 2 pouces de polystyrène moussé 24 pouces dans l	2	0,4

Reset

FIGURE B-1. Dimensions of various greenhouse shapes needed to calculate heat loss

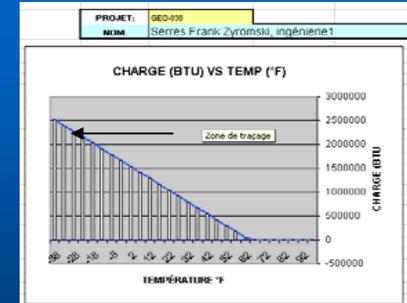
## On prend note de toutes les caractéristiques des serres

Étape 4	
Perles par Conduction	
Mur Bas=	28707,84 Btu/heure
Mur Haut=	26252,8 Btu/heure
Mur à matériau Unique=	Btu/heure
Gable ou extrémités=	13335,84 Btu/heure
Toiture=	107110,8 Btu/heure
Énème=	17942,4 Btu/heure
<b>Total Qc=</b>	<b>1413679,7 Btu/heure</b>
Étape 5	
Calcul du volume de la serre	
Volume de la serre type Gable=	308700 pi <sup>3</sup>
Volume toit courbé simple=	0 pi <sup>3</sup>
Volume toit courbé multiple=	468040 pi <sup>3</sup>
Volume de la serre:	796740 pi <sup>3</sup>
Étape 6	
Perles par infiltration d'air	
Indiquer le nombre de changement d'air ici: 0,5	
Qa=	669261,6 Btu/heure
Étape 6	
Perle totale Qt=	2 082 941 Btu/heure
	173,6 Tonnec

Dans notre exemple, la charge de design est d'environ 2,080,000 Btu/h

## Notre exemple: Charge de design de 2 080 000 Btu/h

Environnement Canada nous donne la distribution des températures en nombre d'heures où il faut une certaine température dans l'année ou dans un mois particulier.



Exemple: À Ste-Agathe, nous avons 531 heures par année où il fait entre -4 et -7 °C.

Ceci nous permet de distribuer toutes les heures de l'année sur un tableau →

GEO-030		Données climatiques: Ste-Agathe				THERMOPI NORDIC																	
Serres Frank Zyromski, ingénierie 1		Total heures		Charge thermique par unité		Capacité totale du système Btu/h		Capacité Chauffage par unité Btu/h		ACTUAL RUN TIME		Input kW/h Thermopompe chauffage		BACKUP kW		Backup ÉLECT. kWh		Input kWh CHAUFFOT AL		Ground load /winter BTU		Run Fraction hours-heating	
Range °C	Bin Temp Range °F	Total heures	Charge thermique par unité	EVT	Capacité totale du système Btu/h	Capacité Chauffage par unité Btu/h	ACTUAL RUN TIME	Input kW/h Thermopompe chauffage	BACKUP kW	Backup ÉLECT. kWh	Input kWh CHAUFFOT AL	Ground load /winter BTU	Run Fraction hours-heating										
32-35	82-90-95	0	1	0,0	0	0	0,00	0,00	0	0,0	0	0	0,00										
29-32	87-85-90	4	0	0,0	0	0	0,00	0,00	0	0,0	0	0	0,00										
27-29	82-80-85	91	0	0,0	0	0	0,00	0,00	0	0,0	0	0	0,00										
24-27	77-75-80	154	0	0,0	0	0	0,00	0,00	0	0,0	0	0	0,00										
21-24	72-70-75	295	0	0,0	0	0	0,00	0,00	0	0,0	0	0	0,00										
19-21	67-65-70	505	0	0,0	0	0	0,00	0,00	0	0,0	0	0	0,00										
16-18	62-60-65	705	0	0,0	0	0	0,00	0,00	0	0,0	0	0	0,00										
13-16	57-55-60	694	49 373	49,9	1 318 881	439 627	0,05	88,12	3 015	0,0	3 015	34 834 169	34,21										
10-13	52-50-55	666	172 806	49,5	1 295 285	428 428	0,17	88,05	10 061	0,0	10 061	112 531 092	114,27										
7-10	47-45-50	571	236 240	47,2	1 251 689	417 220	0,23	87,37	14 633	0,0	14 633	158 839 537	167,01										
4-7	42-40-45	620	419 673	45,9	1 218 093	406 031	0,41	87,90	22 455	0,0	22 455	234 550 826	235,47										
2-4	37-35-40	654	543 106	44,5	1 189 267	396 422	0,53	87,83	30 354	0,0	30 354	307 422 538	345,61										
-1 à 2	32-30-35	787	666 539	43,2	1 169 297	389 796	0,64	87,78	44 122	0,0	44 122	437 866 026	502,85										
-4 à -1	27-25-30	572	789 972	41,9	1 149 328	383 109	0,75	87,73	37 415	0,0	37 415	362 490 727	426,49										
-7 à -4	22-20-25	531	913 405	40,5	1 129 359	376 453	0,85	87,68	35 544	0,0	35 544	374 404 519	451,02										
-9 à -7	17-15-20	491	1 036 839	39,2	1 109 389	369 796	0,95	87,62	40 877	0,0	40 877	378 035 580	466,52										
-12 à -9	12-10-15	373	1 160 272	37,9	1 090 776	363 192	1,00	87,58	32 689	20,4	7 695	40 284	295 380 432	373,00									
-15 à -12	7-5-10	320	1 283 705	36,5	1 072 401	357 467	1,00	87,55	28 015	61,9	19 912	47 827	247 551 594	320,00									
-18 à -15	2-0-5	248	1 407 138	35,2	1 054 026	351 342	1,00	87,51	21 703	103,5	25 658	47 361	187 328 948	248,00									
-21 à -18	-3-5-0	200	1 530 571	33,9	1 035 652	345 217	1,00	87,47	17 495	145,0	29 002	46 497	147 421 368	200,00									
-23 à -21	-8-10 @ -5	154	1 654 004	32,5	1 017 928	339 276	1,00	87,40	13 460	186,4	28 705	42 185	110 907 552	154,00									
-26 à -23	-13-15 @ -10	88	1 777 437	31,2	1 001 029	333 676	1,00	87,27	7 679	227,5	20 019	27 698	61 880 920	88,00									
-29 à -26	-18-20 @ -15	45	1 900 871	29,9	984 230	328 077	1,00	87,13	3 821	268,6	12 086	16 006	30 909 117	45,00									
-32 à -29	-23-25 @ -20	22	2 024 304	28,5	967 430	322 477	1,00	86,98	1 914	309,7	6 913	8 726	14 782 346	22,00									
-34 à -32	-28-30 @ -25	8	2 147 737	27,2	950 631	316 877	1,00	86,83	695	350,7	2 906	3 501	5 234 160	8,00									
-37 à -34	-33-35 @ -30	2	2 271 170	25,9	948 111	316 037	1,00	86,81	174	387,7	775	949	1 303 653	2,00									
-40 à -37	-38-35 @ -40	0	2 394 603	24,5	948 111	316 037	1,00	0,00	0	0,0	0	0	0	0,00									
-43 à -40	-43-40 @ -45	0	2 518 036	23,2	948 111	316 037	1,00	0,00	0	0,0	0	0	0	0,00									
<b>Total</b>		<b>8760</b>					<b>TOTAL</b>	<b>370260</b>	<b>2061</b>	<b>153 271</b>	<b>523 530</b>	<b>3 502 863 095</b>	<b>4223,28</b>										

## 3- Cas pratique d'une serre existante

### Étape 3) Détermination du type et du nombre de thermopompes à utiliser

- Détermination du type et de la quantité de chauffage d'appoint à utiliser
- En tenant compte des équipements existants dans les serres du client
- En tenant compte des périodes d'utilisation des serres
- En tenant compte du meilleur rapport coût/bénéfice

### 3- Cas pratique d'une serre existante

#### Étape 3) Suite

Que ce soit une thermopompe eau-eau, eau-air, une thermopompe à eau ou une thermopompe DX, les COP (coefficients de performance) sont semblables et dépendent du gaz utilisé et des températures d'opération de notre système.

- On sélectionne la thermopompe qui donne la meilleure performance à l'endroit précis de notre projet. Détermination du type et de la quantité de chauffage d'appoint à utiliser.

### 3- Cas pratique d'une serre existante

#### Étape 3) Suite

- Chaque projet est unique et possède des sols différents avec des conductivités thermiques différentes qui peuvent varier de 1 à 10 (1 pour un sol sec et 10 pour un roc dense).
  - On a donc avantage à utiliser le roc comme échangeur géothermique.
- Dans notre exemple nous désirons de l'eau entre 120 et 130°F pour chauffer les plants. Nous avons donc sélectionné une thermopompe Nordic qui peut donner de l'eau à 130°F.

### 3- Cas pratique d'une serre existante

#### Étape 3) Suite

- Détermination du type et de la quantité de chauffage d'appoint à utiliser
- En tenant compte des équipements existants dans les serres du client
- Dans notre exemple le chauffage d'appoint sera à l'huile usée ou l'huile no 2.
- On utilisera les chaudières existantes pour l'appoint.

### 3- Cas pratique d'une serre existante

#### Étape 3) Suite

- En tenant compte des périodes d'utilisation des serres
- En tenant compte du meilleur rapport coût/bénéfice

### 3- Cas pratique d'une serre existante

#### 3) Suite

On détermine à quelle température extérieure (charge thermique) l'appoint débutera.

GEO-030		Données climatiques: Ste-Agathe		Capacité		THERMOPOMPE		BACKUP		Backup		Input kWh	
Range	Bin Temp	Range °F	Total heures	Charge thermique au Temp	EVY	Capacité totale du système Btu/h	Capacité par unité Btu/h	ACTUAL RUNTIME	Input KW	Thermopompe chauffage	BACKUP kW	Backup ELEC. kWh	Input kWh CHAUFFTOT
20-25	82-80.95	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25-30	87-85.50	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30-35	87-80.95	51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35-40	87-75.90	154	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40-45	72-70.95	295	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45-50	67-65.90	506	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50-55	62-60.95	705	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
55-60	57-55.40	694	49,272	43.9	1,781,068	439,622	0.05	180.82	2095	0.00	0.00	0.00	3,095
60-65	52-50.95	666	972,066	48.5	1,295,205	428,420	0.07	88.05	3061	0.00	0.00	0.00	30,661
65-70	47-45.90	571	296,240	47.2	1,291,688	417,230	0.29	87.87	14830	0.00	0.00	0.00	14,830
7-10	42-40.45	620	419,872	45.9	1,278,032	406,031	0.41	87.30	22450	0.00	0.00	0.00	22,450
10-15	37-35.40	654	543,806	44.5	1,169,267	296,422	0.52	87.02	20,054	0.00	0.00	0.00	20,054
15-20	32-30.95	787	666,529	43.2	1,163,207	389,706	0.64	87.29	4402	0.00	0.00	0.00	44,022
20-25	27-25.50	672	789,922	41.9	1,143,528	383,189	0.76	87.23	37495	0.00	0.00	0.00	37,495
25-30	22-20.95	531	381,405	40.5	1,129,269	276,453	0.95	87.89	30544	0.00	0.00	0.00	29,544
30-35	17-15.50	491	1,034,639	39.2	1,169,269	269,726	0.95	87.62	4,6077	0.00	0.00	0.00	40,177
35-40	12-10.95	373	1,862,222	37.9	1,160,776	263,950	1.00	87.88	30,883	20.4	7,688	60,284	60,284
40-45	7-5.90	320	1,269,295	36.8	1,172,801	297,492	1.00	87.95	2,699	83.8	39,992	47,687	47,687
45-50	2-2.50	240	1,842,126	35.6	1,154,026	291,242	1.00	87.91	2,702	1,025	25,050	27,752	27,752
50-55	-3-2.50	280	1,526,871	33.9	1,109,652	245,137	1.00	87.42	3749	160.0	21,842	44,432	44,432
55-60	-8-10.95	194	1,054,604	32.5	1,117,628	229,176	1.00	87.48	3740	156.4	18,295	41,165	41,165
60-65	-12-10.95	99	1,777,432	31.2	1,100,628	223,676	1.00	87.22	7879	222.5	20,079	27,958	27,958
65-70	-16-20.95	45	1,990,871	29.9	1,044,220	229,077	1.00	87.02	2621	269.6	12,046	15,006	15,006
70-75	-20-20.95	22	2,024,304	28.5	1,067,430	227,477	1.00	86.98	1094	309.7	6,613	8,726	8,726
75-80	-26-30.95	8	1,947,732	27.2	1,050,638	196,877	1.00	86.83	696	386.7	2,804	3,603	3,603
80-85	-32-20.95	2	2,221,070	25.9	1,049,111	216,027	1.00	86.81	174	387.7	775	949	949
85-90	-36-25.90	0	2,294,002	24.5	1,049,111	216,027	1.00	0.00	0	0	0	0	0
90-95	-41-40.45	0	2,538,026	23.2	1,049,111	216,027	1.00	0.00	0	0	0	0	0
Total			8768					TOTAL	378268	2061	163,271	623,538	

### 3- Cas pratique d'une serre existante

- 1) Étude de la consommation énergétique existante
- 2) Nous calculons la charge thermique maximale en relation avec le type de serres
- 3) Détermination du type et du nombre de thermopompes à utiliser
- 4) Détermination du coût énergétique prévu et des économies à réaliser à chaque année

### 3- Cas pratique d'une serre existante

PROJET:	GEO-030
NOM:	Serres Frank Zyromski, ingénierie1

**BILAN THERMIQUE SELON LA MÉTHODE BIN TEMPERATURE**

Saison	Deg F. T.début	Deg F. T.design	Btu Charge Max
CLIMATISATION	85	90	1 <b>ok</b>
CHAUFFAGE	59	-25	2 073 677 <b>ok</b>

chauffage: 172.9 tonnes  
climatisation: 0.0 tonnes

CHAUFFAGE  
 CLIMATISATION

APPONT ÉLECTRIQUE  
 APPONT HUILE USÉE  
 APPONT HUILE #2  
 APPONT GAZ NATUREL  
 APPONT GAZ PROPANE

Coût Rec.	0.0650	\$/kWh	Coût huile #2	0.6300	\$/litre
Coût Gaz Nat			Coût H. Usée	0.5588	
Coût G. Prop.					

**EFFICACITÉ DES APPAREILS D'APPOINT PROPOSÉS**

TYPE	MARQUE	CAP. TOTAL	% EFFICA.	QUANTITÉ
Électrique	Volcano	540	99.00%	
Huile #2	Volcano		75.00%	
Huile Usée	Volcano		70.00%	
Propane			82.00%	
Gaz Naturel			90.00%	

### 3- Cas pratique d'une serre existante

#### 5) Détermination de la longueur de l'échangeur géothermique.

On a déterminé le nombre de Btu annuel qui sera tiré du sol.

Il faut déterminer comment nous allons les soutenir du sol → Combien de forage ou de tuyaux horizontaux.

Il ne faut pas oublier que tous les sols ne sont pas semblables et que leur conductivité thermique peut varier d'un facteur de 1 à 10, ce qui fait varier la longueur de l'échangeur.

PROJET:	GEO-030
NOM:	Serres Frank Zyromski, ingénierie1

**RÉSULTATS**

Données climatiques: Ste-Agathe

CHAUFFAGE	
ÉNERGIE DU SOL	3 502 863 095 Btu/an
ÉLECTRICITÉ THERMOPOMPE	1 263 636 237 Btu/an
GÉOTHERMIE TOTAL:	4 766 500 333 Btu/an
cop moyen:	3.77
CAPACITÉ MINIMALE DE L'APPOINT	1 323 059 Btu/heure
CHAUFFAGE D'APPOINT	523 113 033 Btu/an
ÉNERGIE TOTALE chauffage	5 289 672 372 Btu/an
% Apport sur total:	9.89% \$9 862.97

**CLIMATISATION**

EER moyen: 0,0

ÉNERGIE DU SOL	0 Btu/an
ÉLECTRICITÉ THERMOPOMPE	0 Btu/an
ÉNERGIE climatisation:	0 Btu/an

**ANALYSE D'ÉCONOMIES D'ÉNERGIE**

COÛTS DE CHAUFFAGE + CLIMATISATION GÉOTHERMIQUE:		\$33 928,85
ÉCONOMIES DE kWh:	1 026 330 kWh/an	
COÛTS DE CVAC ACTUEL:		\$166 078,95
CONSUMMATION CVAC ACTUEL (kWh ÉQUIVALENTS):		5 045 043
COÛTS DE CVAC EN MODE Électrique	SEULEMENT:	\$89 733,48
ÉCONOMIES ANNUELLES VS Électrique	SEULEMENT:	\$65 803,64

### 3- Cas pratique d'une serre existante

#### 5) Détermination de la longueur de l'échangeur géothermique.

Il est aussi très important de dimensionner notre champs de forage ou de tuyaux horizontaux pour que le sol ne se refroidisse pas d'année en année et qu'on obtienne toujours la même performance de notre échangeur année après année.

Notre méthode d'analyse tient compte de tous ces facteurs.

### 3- Cas pratique d'une serre existante

#### 5) Suite

Dans le cas des Serres Zyromski, nous avons étudié les possibilités suivantes:

- Échangeur horizontal
- Échangeur dans le lac Nominique
- Échangeur vertical

Nous avons opté pour l'échangeur vertical qui s'avérait le plus économique.

Nos calculs ont démontré la nécessité d'installer 20,000 pieds de forage pour:

- Obtenir la quantité de chaleur Q désirée (3,502,864,000 Btu/an)
- Ne pas refroidir le sol année après année

### 3- Cas pratique d'une serre existante

#### 6) Détermination de la subvention probable d'Hydro-Québec basée sur les économies de kWh sur une base annuelle.

Hydro-Québec verse une subvention de \$ 0.15/ kWh économisé pour le secteur industriel, incluant les serres. La subvention est la même pour tout système, que ce soit un système à circulation d'eau ou autre. La subvention n'est fonction que des kWh économisés annuellement et il faut que ce soit calculé précisément.

Notre exemple donne une subvention de  
 $\$ 0.15 \times 1,026,330 \text{ kWh} = \$ 153,949.50$

### 3- Cas pratique d'une serre existante

#### 7) Détermination des coûts du projet

- Plans et devis d'exécution par un ingénieur spécialisé en géothermie
- Thermopompes, système de plomberie et de ventilation intérieur
- Échangeur géothermique extérieur
- Raccordement de l'ensemble
- Système de contrôles
- Purge et démarrage du système

Notre exemple: Coût estimé à \$ 454,000.00

### 3- Cas pratique d'une serre existante

#### 8) Détermination de la rentabilité du projet

Coût du projet	\$ 454,000.00
Subvention d'HQ	<u>\$ 154,000.00</u>
Coût net	\$ 300,000.00

Économies annuelles: \$ 65,800.00

(sans compter les augmentations de tarifs d'HQ)

Période de retour sur investissement: 4.5 ans

Économies totales (minimum) sur 10 ans: \$ 358,000.00



### 4- Conclusion

Un système géothermique permettra de chauffer efficacement et de manière économique les serres du Québec, indépendamment de leur grosseur, pour des standards de construction déjà établis.

Les systèmes géothermiques doivent toutefois:

- être conçus par des ingénieurs qualifiés
- être optimisés afin d'assurer les performances promises.
- Une attention particulière doit être portée pour obtenir le même rendement année après année, sans changer la température du sol.

### 4- Conclusion—R&D

Ce projet pourra être complété par un projet de recherche et développement visant à recharger l'échangeur extérieur au moyen de capteurs solaires et au moyen de la climatisation des serres. Une demande a été faite auprès d'un organisme et le sera auprès de d'autres incessamment.

Ce projet devrait permettre d'augmenter de 50% la superficie chauffée des serres avec le même échangeur souterrain.

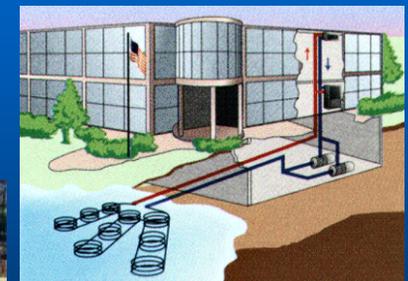
De plus, un projet d'installation de biomasse couplé à une turbine permettra de chauffer et de générer de l'électricité sur une autre partie des serres.

Un projet de recherche sur la génération d'eau d'arrosage énergétique sera aussi amorcé. Cette eau énergisée permettrait une croissance des plantes accélérée.

### 5- Système Géothermique de Base

#### TYPES D'ÉCHANGEURS GÉOTHERMIQUES

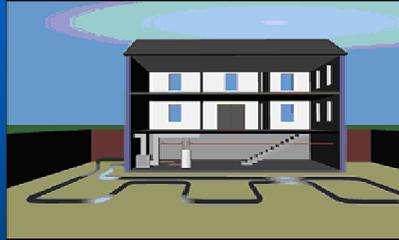
a) ÉTANG (Boucle fermée)



## 5- Système Géothermique de Base

### TYPES D'ÉCHANGEURS GÉOTHERMIQUES

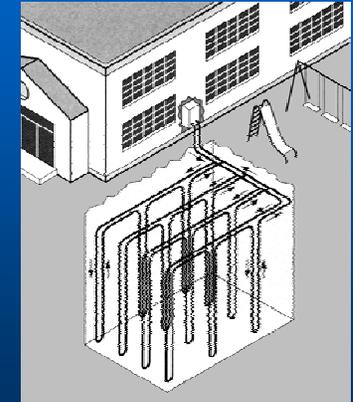
b) Boucle Horizontale (Fermée)



## 5- Système Géothermique de Base

### TYPES D'ÉCHANGEURS GÉOTHERMIQUES

c) Boucle Verticale (Fermée)

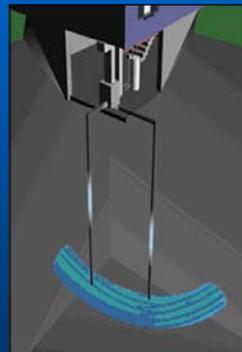


## 5- Système Géothermique de Base

### TYPES D'ÉCHANGEURS GÉOTHERMIQUES

d) Boucle Verticale (Ouvverte)

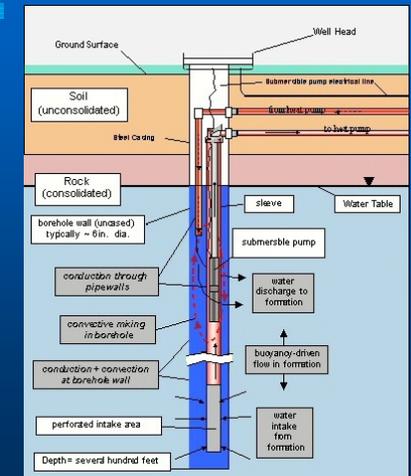
\*Attention à la réglementation\*



## 5- Système Géothermique de Base

### TYPES D'ÉCHANGEURS GÉOTHERMIQUES

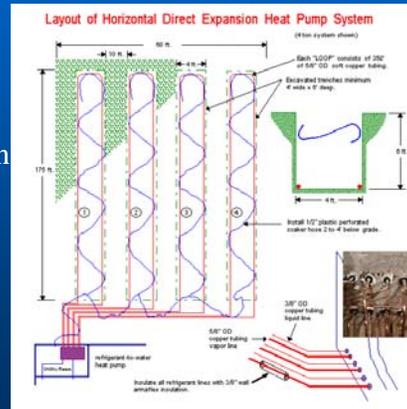
e) Standing Column (Semi-Ouvert)



## 5- Système Géothermique de Base

### TYPES D'ÉCHANGEURS GÉOTHERMIQUES

f) Expansion Directe (DX)  
Pour les systèmes de petite envergure  
(résidentiel), pas de méthode de design  
approuvée



## 7- Composantes Principales



## 7- Composantes Principales



## 7- Composantes Principales



## 8- Économies & Mise en Marché



## 9- Procédure de conception

Système > 40 tonnes:

**TEST DE CONDUCTIVITÉ**



## Pourquoi faire affaire avec un Professionnel Accrédité?

- Reconnaissance par un Ordre professionnel
- Expertise prouvée, n'emploie que des techniques approuvées par les organismes accrédités comme IGSHPA, ASHRAE, CSA
- Compétitivité (non lié à une marque en particulier)
- Assurer/Améliorer la qualité des installations
- Techniques d'installation dernier cri
- Norme Canadienne C-448-02



**FIN**

**QUESTIONS ?**

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

