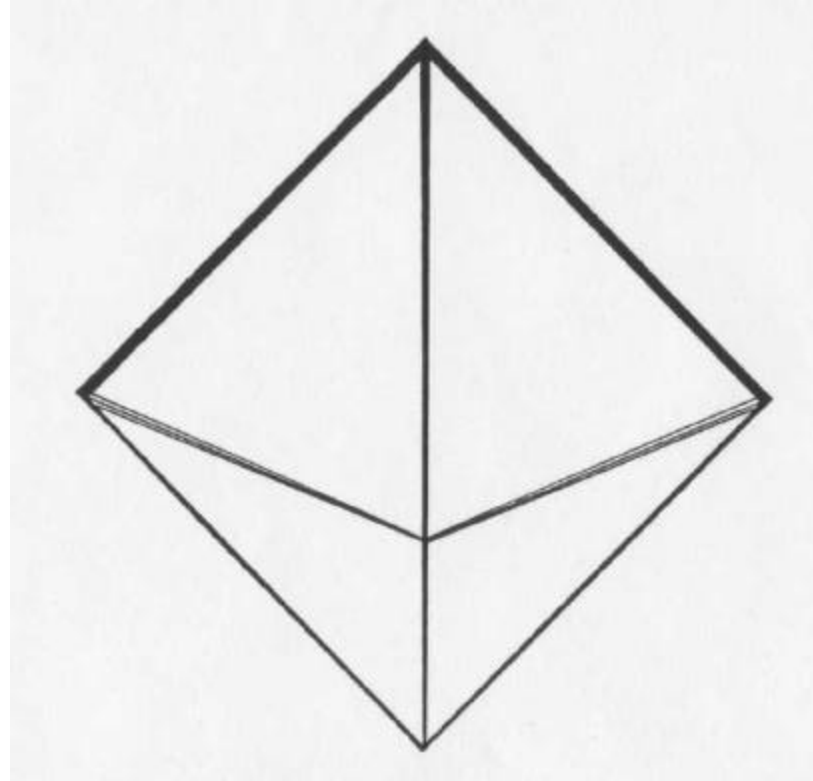


# SERRE-CENTRALE ÉNERGÉTIQUE

---

Projet de complexe horticole, agroalimentaire et biotechnologique à Montréal



Dossier préparé à l'attention de la Régie de l'énergie du Québec (R-3526-2004)

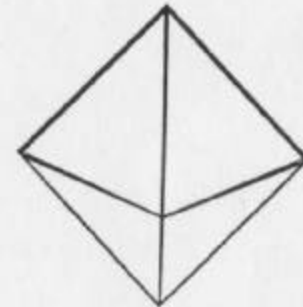
M. Réda Chaouqi (514) 521-1931

*Meilleur emploi de l'énergie  
Prosperité et bienfaits mutuels*

JIGORO KANO  
Fondateur du Judo  
Tokyo 1881

自他共榮  
精力善用

師  
方  
監  
印



L'interrogation fondamentale à l'origine de ce projet s'articule autour de la possibilité de réaliser une synergie entre, d'une part, la filière des cultures sous serre, et, d'autre part, la filière du traitement des déchets organiques, synergie s'établissant selon une loi de composition qui ferait que:

**«UN PLUS UN DONNE UN RÉSULTAT SUPÉRIEUR À DEUX»**

Sachant, pour la première, que la serre est un capteur solaire produisant des surplus de chaleur, tandis que pour la seconde, par la voie de digesteurs de déchets à méthanisation qui nécessite justement cette chaleur, et par-contre produit de l'énergie plus noble sous forme de gaz, facilement stockable et transformable à volonté, soit par système de moteur à énergie totale (90% de rendement) en production combinée électricité + chaleur (seconde source de chaleur, plus maniable pour le système), soit par système de combustion avec circuit de vapeur et turbine électrique.

On pourrait ainsi, dans les conditions d'ensoleillement les plus favorables, produire un important potentiel d'énergie solaire valorisée et disponible pour d'autres processus de transformation (par exemple séchage, conservation, etc...) en plus du fait que la serre peut produire les végétaux les plus divers, les digesteurs quant à eux produisant un substrat bon comme engrais pour l'agriculture.

Ainsi la boucle est bouclée, avec pour résultat :  $1 + 1 = 3...$  et plus !

- 1: Résorption de déchets et revalorisation en engrais
- 2: Production de végétaux dans les meilleures conditions
- 3: Production d'énergie sous forme de gaz, chaleur, vapeur, électricité
- +: Prédiposition à intégrer d'autres fonctions annexes (transformation, conditionnement, stockage, gestion, etc.)

La mise en forme de cette synergie nous a conduit, à travers les simulations et les avis de spécialistes, à un bâtiment compact composé de deux parties essentielles dont une partie basse, partiellement enterrée, comprenant les dispositifs énergétiques ainsi que divers modules de transformation et de stockage, et une partie haute comprenant les cultures hors-sol (la serre proprement dite).

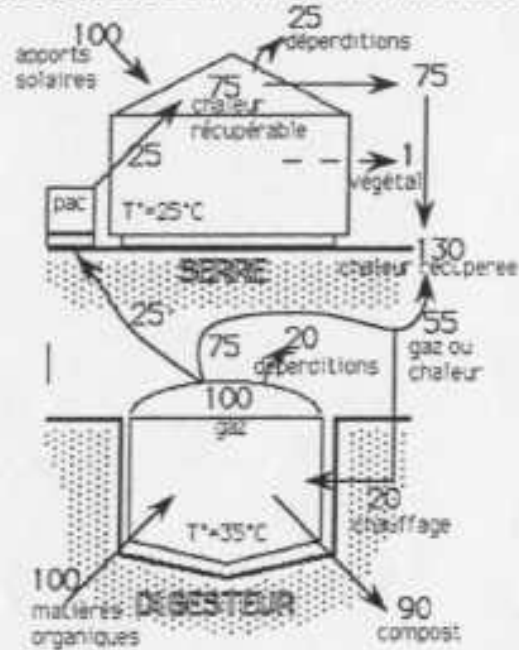
Chaque partie est subdivisée en plusieurs sous-niveaux fonctionnellement et énergétiquement complémentaires, et l'ensemble peut être considéré comme le corps principal d'un complexe qui comprend d'autres bâtiments annexes pouvant profiter des excédents d'énergie (serre plein-champs, services, etc.)

L'optimisation de la géométrie de la serre induit une forme pyramidale à versants orientés et inclinés selon les expositions énergétiques solaires maximales à la latitude du site. De par sa hauteur importante, assimilable à celle d'une forêt tropicale, elle permet une grande diversité des conditions climatiques artificielles et donc la possibilité de produire simultanément différents types de cultures, depuis les plantes d'ombre et de fraîcheur dans le bas de la serre jusqu'aux plantes de fortes lumière et chaleur dans le haut de la serre.

D'autres considérations ayant trait aux évolutions importantes qui connaissent les domaines de l'horticulture, l'agroalimentaire, la foresterie, l'environnement et la santé, par le biais des biotechnologies (plantes ornementales, cultures in-vitro, cultures enzymatiques, biofertilisants, etc.) nous ont convaincus que cette serre-centrale énergétique est l'occasion idéale de se doter d'outils flexibles, performants et représentatifs.

# CULTURES SOUS-SERRE & BIOMETHANISATION

DE L'EFFET DE L'INTEGRATION ARCHITECTURALE SUR LES RENDEMENTS ENERGETIQUES ET LA PRODUCTION HORTICOLE



**BILANS:**

**-SERRE SEULE**

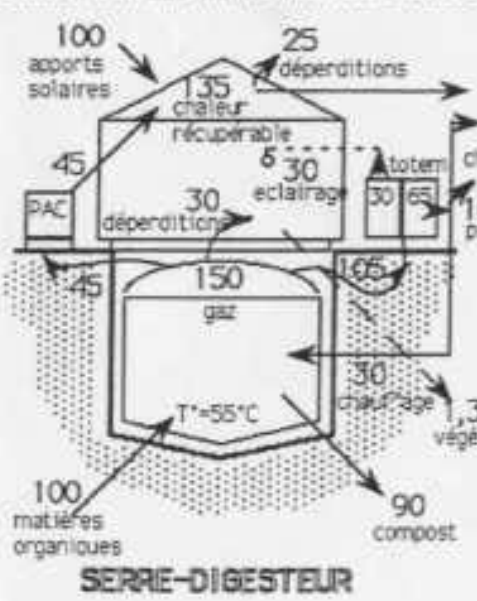
- \* Rendement Chaleur:  $\frac{75}{125} = 0,60$
- \* Rendement Végétal:  $\frac{1}{100} = 0,01$

**-DIGESTEUR SEUL**

- \* Rendement Gaz (ou Chal.):  $\frac{80}{100} = 0,80$
- \* Rendement Compost:  $\frac{90}{100} = 0,90$

**-SERRE - DIGESTEUR**

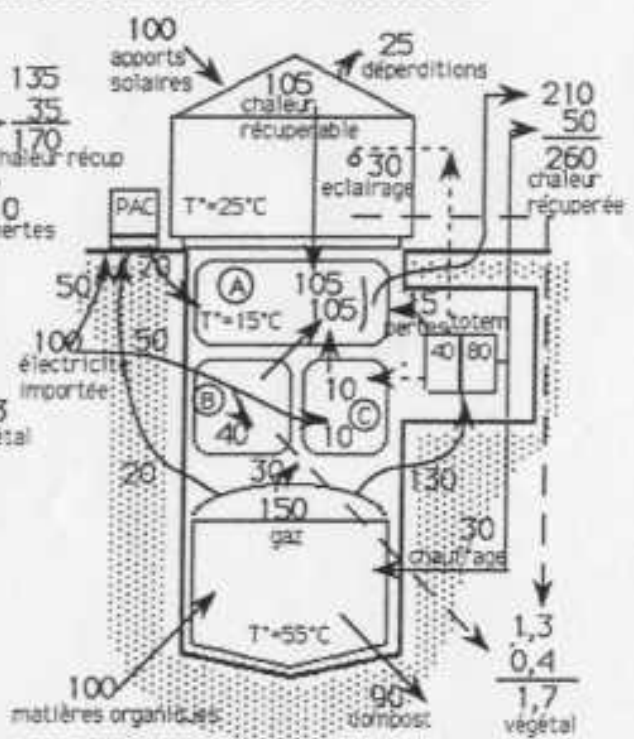
- \* Rendement Chal. Cumulée:  $\frac{130}{200} = 0,65$



**BILANS:**

- \* Rendement Chaleur:  $\frac{170}{200} = 0,85 (+31\%)$
- \* Rendement végétal:  $\frac{1,3}{100} = 0,013 (+30\%)$
- \* Rendement Gaz:  $\frac{120}{100} = 1,2 (+50\%)$
- \* Rendement Compost:  $\frac{90}{100} = 0,90$

-Hausse des niveaux de température et production  
 -Déperditions internes suffisantes pour l'entretien thermique (Pas d'appareil de chauffe dans la serre)  
 -Suppression de certaines parties de l'isolation



**BILANS:**

- \* Rendement Chaleur:  $\frac{260}{100} = 0,87 (+34\%)$
- \* Rendement Végétal:  $\frac{1,7}{100} = 0,017 (+70\%)$
- \* Rendement Gaz:  $\frac{120}{100} = 1,20 (+50\%)$
- \* Rendement Compost:  $\frac{90}{100} = 0,90$

-Hausse des niveaux d'énergie et de production  
 -Revalorisation de l'énergie électrique importée  
 -Création de nouvelles fonctions:  
 A = cultures sans lumière  
 B = cultures en lumière artificielle  
 C = machines transformations agro-alimentaires

## **SIMULATION D'UNE SERRE-CENTRALE ÉNERGÉTIQUE À MONTRÉAL**

La convergence des données du projet avec les conditions actuelles de l'agglomération montréalaise nous a amené à initier une étude de faisabilité dont le présent dossier constitue l'esquisse préliminaire.

Du point de vue des déchets solides, Montréal a des difficultés à trouver une solution durable, par manque de budget, et parce que la recherche de nouveaux dépotoirs est longue et se heurte partout à l'opposition compréhensible des habitants riverains. La stratégie de l'enfouissement, comme celle de l'incinération, ne fait d'ailleurs que reporter le problème dans le temps, et a toujours pour conséquence la pollution de l'air, des sols et des eaux.

L'implantation d'une serre-centrale énergétique, par exemple dans le site du complexe environnemental Saint-Michel (carrière Miron) résoudrait définitivement le problème. Elle aurait l'avantage de valoriser très honorablement ce site, ainsi que de maintenir le même point de chute pour le réseau de collecte préalablement établi. Par ailleurs, la finalité du projet étant multisectorielle, la question du financement trouve sa réponse.

Du point de vue de la culture sous serre, le Québec connaissant de longues périodes de repos végétatif et devant importer massivement des produits horticoles, des équipements de serres énergiquement rentables seraient les bienvenus.

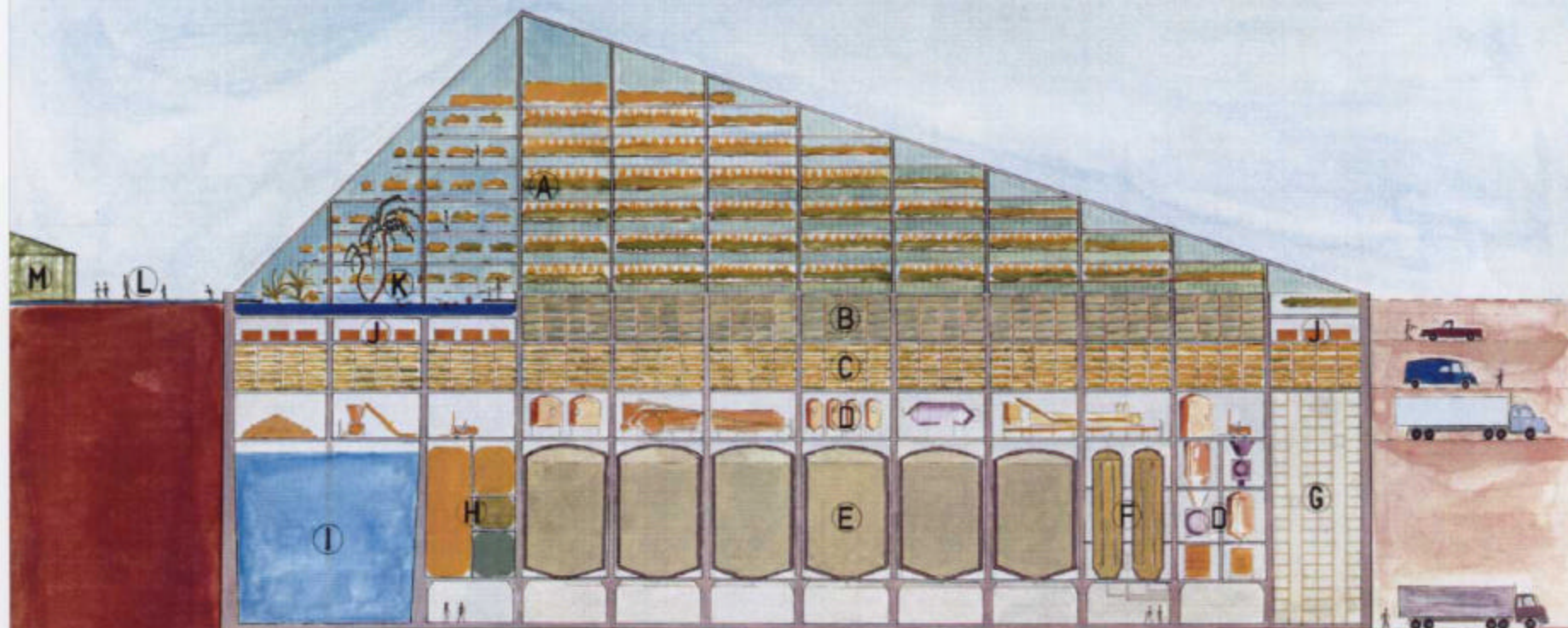
L'implantation d'une serre dans un site urbain proche des habitants et du marché central aura des répercussions commerciales très positives pour des produits à 100% québécois. Par la diversité de ses ambiances climatiques, cette serre sera un outil extraordinaire à mettre aux mains de professionnels avertis de la botanique et de l'horticulture.

Du point de vue agroalimentaire, le secteur éprouve un certain essoufflement dû notamment aux nouvelles habitudes de consommation de la population, pour laquelle les préoccupations environnementales jouent un rôle de plus en plus important. Le projet de serre-centrale énergétique intègre une surface pré-équipée prête à recevoir des entreprises agroalimentaires innovatrices dans le domaine. La situation et l'ampleur du projet contribueront à leur image de marque.

Du point de vue des biotechnologies, domaine où la concurrence internationale est très forte, Montréal jouit d'une assise industrielle prometteuse, qui s'achemine vers la création d'un véritable secteur industriel propre à revitaliser les autres secteurs de l'activité économique.

Le projet offre un outil d'avant-garde, performant énergétiquement et suffisamment souple quant aux stratégies productives. Il facilitera la vulgarisation de ces nouvelles techniques auprès des citoyens, et assurera à Montréal un rayonnement universel en tant que pôle pour les biotechnologies.

# SERRE-CENTRALE ÉNERGÉTIQUE POUR MONTRÉAL



A = SERRE PYRAMIDALE POUR CULTURES HORS-SOL

B = CHAMBRES DE CULTURES SANS LUMIÈRE

C = CHAMBRES DE CULTURES EN LUMIÈRE ARTIFICIELLE

D - F = TRANSFORMATIONS AGRO-ALIMENTAIRES ET BIOTECHNOLOGIQUES

E = DIGESTEURS DE DÉCHETS ORGANIQUES

G = STOCKAGE AUTOMATISÉ DES PRODUITS FINIS

H = STOCKAGE DE MATIÈRE PREMIÈRES

I = STOCKAGE DE L'EAU CHAUDE

J = SALLE DE MACHINES

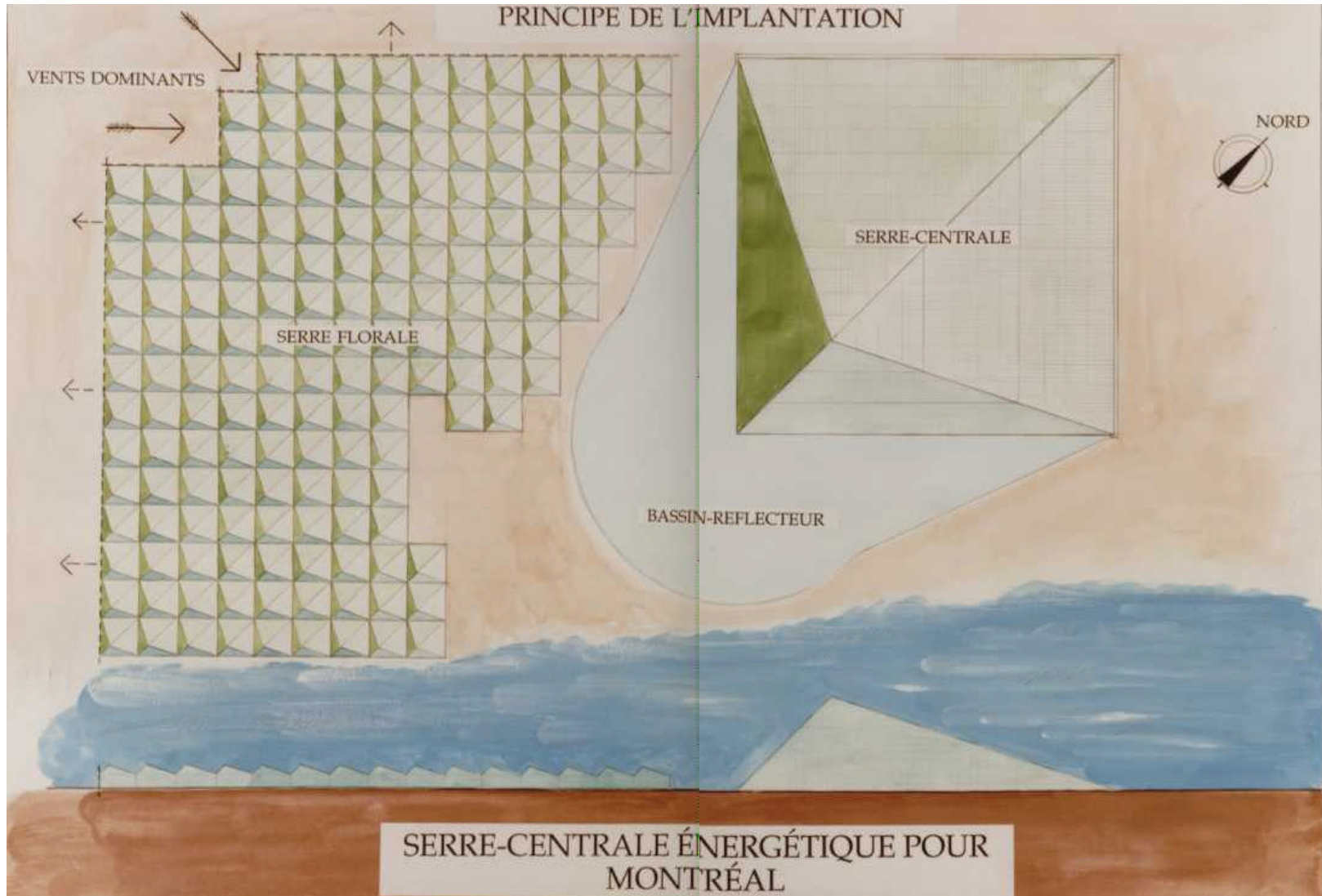
K = AQUA-PARC

L = BASSIN RÉFLECTEUR (AQUICULTURE, PATINOIRE)

M = SERRE FLORALE ET SERVICES

## QUELQUES ASPECTS DE L'IMPLANTATION D'UNE SERRE-CENTRALE ÉNERGÉTIQUE À MONTRÉAL

- Nous avons opté pour une surface de base de un hectare, inscrite dans un carré de 100 x 100 mètres. Les expositions énergétiques maximales solaires à la latitude de Montréal conditionnent l'inclinaison des parois vitrées et induisent une hauteur de 25 mètres, soit la possibilité de créer 7 niveaux fonctionnels, ce qui représentent une surface nette de cultures de près de 20.500 mètres carrés. On fera appel à de l'éclairage artificiel pour environ le tiers de cette surface.
- L'infrastructure du bâtiment est constituée d'une ossature primaire en acier dont les poteaux d'entre-axe de 8.33 mètres forment un réseau de 144 modules fonctionnels. Dans le scénario de base, le tiers soit 48 modules sert à accueillir des digesteurs de 500 mètres cubes chacun, soit un volume utile de digesteurs de 24 000 mètres cubes, ce qui représente un débit journalier de 1 200 tonnes de déchets contenant 50% de matières digérables, car nous supposons qu'un premier tri aura éliminé les métaux, le verre, ainsi qu'une partie des papiers et plastiques, et qu'à terme le projet fonctionnera directement avec les produits de la collecte sélective. A noter que les matières à digérer pourront être amenées pneumatiquement et que la centrale de tri-réception pourra être localisée à plus ou moins longue distance des digesteurs.
- Un premier sous-sol comprendra les cultures sans lumière sur 5 niveaux d'étagères totalisant une surface nette de 25.000 mètres carrés de cultures. Sa fonction sera également de servir à récupérer la chaleur dissipée par l'ensemble du bâtiment, et par ce fait, à abriter des équipements énergétiques (pompes à chaleur).
- Un second sous-sol comprendra les cultures en lumière artificielle sur 5 niveaux d'étagères, pour une surface totale nette de 37.500 mètres carrés avec une puissance installée de 250 watts par mètre carré, ce qui permettra une production diversifiée et accélérée en toute saison. Il abrite également les laboratoires de cultures in-vitro.
- Les activités biotechnologiques et agroalimentaires occuperont le troisième sous-sol ainsi que la moitié du volume sous-jacent soit 72 modules. Ces espaces seront pré-équipés de réseaux d'électricité, d'eau chaude et d'eau froide, pour permettre l'installation rapide et souple des chaînes de production agro-bio-alimentaires.
- Les 24 modules restants serviront aux stockages de l'eau chaude, des matières premières et des produits finis, ce dernier sous forme d'un entreposage entièrement automatisé
- L'infrastructure étant semi-enterrée, toutes les activités seront accessibles à différents niveaux, ce qui limitera l'emploi d'engins de relevage.
- Le rez-de-chaussée de la serre sera équipé dans sa portion sud d'un aqua-parc d'environ 1.200 mètres carrés, régulé à une température de 29 °C et pouvant recevoir un millier de personnes pour des activités de loisirs. D'autres activités culturelles et sociales pourront être organisées dans le complexe.





- À l'extérieur, un bassin de 6.500 mètres carrés couvrira le secteur sud de la serre et servira pour des cultures de plantes aquatiques l'été et comme patinoire l'hiver, en plus de constituer un réflecteur des rayons solaires pour la serre améliorant notablement les performances du système.
- Une serre de 10 hectares sera implantée dans les secteurs ouest et sud-ouest de la pyramide, ce qui limitera les effets des vents dominants sur celle-ci. Une part d'environ 15.000 mètres carrés abritera des services tels que bureaux, laboratoires, salles de réunions, commerces, restaurant, stationnement, etc. Tandis que 85.000 mètres carrés seront consacrés à des cultures florales plein-sol, avec éclairage d'appoint de 50 watts par mètre carré.
- Les excédents thermiques de la serre-centrale énergétique sont évalués à environ 120.000.000 de kilowatt-heures par an, ce qui représente le chauffage d'une serre florale supplémentaire de 24 hectares, ou encore le chauffage urbain de 5.000 logements individuels moyens.
- Le coût global de l'investissement comprenant les études, la construction, l'équipement de base, les imprévus et les taxes est évalué à 120 millions de dollars canadiens. Le projet offre une surface totale nette de cultures d'environ 16.6 hectares (38.2 hectares avec la serre supplémentaire d'un surcoût de 100 millions), et il crée directement environ 400 emplois permanents.
- Dans le scénario de base, la capacité de traitement représente un tiers des déchets digérables de l'île de Montréal, mais un scénario alternatif, employant les 144 modules fonctionnels, peut porter la capacité à la totalité de ces produits. Les activités biotechnologiques et agroalimentaires déménageraient alors progressivement, après s'être servies du site comme pépinière.

M. Réda Chaouqi  
Montréal, février 2004

## PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES D'UN COMPLEXE HORTICOLE-AGRO-ALIMENTAIRE ET BIOTECHNOLOGIQUE À MONTRÉAL

### SERRE PYRAMIDALE

Dimensions de base LxlxH en m	100x100x25	Surface de vitrage en m <sup>2</sup>	11.400
Surface niveau 1 brute/nette en m <sup>2</sup>	10.000/7500	Dépense en kwh/an	5.053.360
Surface niveau 2 brute/nette en m <sup>2</sup>	6.022/4.517	Apports solaires* en kwh/an	14.691.966
Surface niveau 3 brute/nette en m <sup>2</sup>	4.489/3.367	Surface éclairage artificiel en m <sup>2</sup>	7.500
Surface niveau 4 brute/nette en m <sup>2</sup>	3.091/2.318	Puissance électrique installée en w/m <sup>2</sup>	100
Surface niveau 5 brute/nette en m <sup>2</sup>	1.971/1.478	Consommation électrique en kwh/an	3.285.000
Surface niveau 6 brute/nette en m <sup>2</sup>	1.129/847	Chaleur récupérée en kwh/an	12.883.606
Surface niveau 7 brute/nette en m <sup>2</sup>	635/476	Estimation** du prix moyen en \$/m <sup>2</sup>	800
Surface total brute/nette en m <sup>2</sup>	27.337/20.503	Coût d'investissement en \$	21.869.600

### CULTURE SANS LUMIÈRE

Surface brute/nette en m <sup>2</sup>	6.667/5.000	Estimation** du prix moyen en \$/m <sup>2</sup>	500
Nombre de niveaux/surface totale en m <sup>2</sup>	5/25.000	Coût d'investissement en \$	3.333.500

### CULTURES EN LUMIÈRE ARTIFICIELLE

Surface brute/nette en m <sup>2</sup>	10.000/7.500	Consommation Électrique kwh/an	41.062.500
Nombre de niveau/Surface totale en m <sup>2</sup>	5/37.500	Estimation** du Prix moyen en \$/m <sup>2</sup>	500
Puissance électrique installée en w/m <sup>2</sup>	250	Coût d'investissement en \$	5.000.000

### TRANSFORMATIONS AGRO-ALIMENTAIRES

Surface brute/nette en m <sup>2</sup>	10.000/7.500	Estimation** du prix moyen en \$/m <sup>2</sup>	500
Consommation élect./chaleur kwh/an	2.000.000/20.000.000	Coût d'investissement en \$	5.000.000

### BIOMETHANISATION

Déchets solides/compost tonne/an	300.000/120.000	Production*** Méthane nette en m <sup>3</sup> /jour et m <sup>3</sup> /an	49.000/1.740.000
Débit en tonnes/jours et concentration M.O	1 200/50%	Production nette électricité et chaleur en kwh/an	51.900.000/103.800.000
Volume utile en m <sup>3</sup> et nombre de cuves	24.000/48	Coût en \$/m <sup>3</sup> et investissement \$/m <sup>3</sup>	600/14.400.000

### SERRE ANNEXE STOCKAGES DE TRANSFORMATIONS

Surface totale (m <sup>2</sup> ) et investissement \$	100.000/50.000.000	Nombre de Modules/volume brute en m <sup>3</sup>	96/100.000
Consommation élect./chaleur kwh/an	5.000.000/50.000.000	Coût en \$/m <sup>3</sup> et Investissement \$/m <sup>3</sup>	300/30.000.000

### BILANS

Chaleur récupérée/excédentaire kwh/an	107.946.106/121.746.106	Surface de cultures totale nette m <sup>2</sup>	166.337
Électricité consommée/Importée en kwh/an	87.882.035/35.982.035	Investissement global \$	120.000.000

\* Sans le réflecteur

\*\* Tient compte de la construction, de l'équipement, des études et des taxes

\*\*\* 250 jours de production