

## **Gestion des eaux souterraines aux Îles-de-la-Madeleine Un défi de développement durable**

### **Utilisation de la géothermie dans les édifices municipaux**

#### **Étude de faisabilité**

**présentée à :**

**La Municipalité des Îles-de-la-Madeleine**

**Dans le cadre d'un financement provenant du :**

**Fonds d'Habilitation Municipal Vert**

**Juin 2005**

## AVANT-PROPOS

Ce rapport final conclut l'ensemble des activités spécifiques traitant de la « **Faisabilité de l'utilisation de la géothermie dans les édifices municipaux** ». Ces activités réalisées au cours des années 2004 - 2005 dans le cadre d'un projet plus global :

### **Gestion des eaux souterraines aux Îles-de-la-Madeleine : Un défi de développement durable**

Ce projet a été subventionné par le Fonds d'action québécois pour le développement durable (dossier 388), la Municipalité des Îles-de-la-Madeleine, le Conseil Régional de Concertation et de Développement – Gaspésie – Les Îles, le Fonds d'Habilitation Municipal Vert (Dossier EF 2951) et l'organisme Attention Frag'Îles.

Les établissements municipaux concernés par la faisabilité de l'utilisation de la géothermie dans les édifices municipaux couvrent tous les îlots habités de la Municipalité des Îles-de-la-Madeleine. Ce rapport final présente la méthodologie de travail utilisée dans cette étude, les activités et les résultats obtenus.

Les membres du Groupe Madelin'Eau sont :

- 1) Denis Richard, ing. hydrogéologue, AGÉOS, Brossard, Québec, Canada,
- 2) Renald McCormack, hydrogéologue, Envir'Eau Puits, Saint-Nicolas, Québec, Canada
- 3) Olivier Banton, Ph. D. en hydrogéologie, HYDRIAD, Québec, Canada

Outre les membres du Groupe Madelin'Eau, les intervenants ayant participé à la réalisation de ce projet sont :

- q Jean-Christophe Comte, M.Sc. Hydrogéologie, à l'emploi de HYDRIAD,
- q Les représentants municipaux :
  - o Jeannot Gagnon, Directeur du développement du milieu et de l'aménagement du territoire,
  - o Jean Richard, Directeur des Travaux Publics,
  - o Jean Hubert, Directeur adjoint à l'hygiène du milieu,
  - o Benoît Boudreau, géomaticien,
  - o Karen Turriff, coordonnatrice entre le FCM et la Municipalité
- q Monsieur Gilles Auger, ing. Consultant en énergie

Groupe Madelin'Eau  
8265, rue Rimbaud,  
Brossard, Québec, Canada, J4X 1T4  
tél. (450) 923-4357

*Les avis et commentaires exprimés dans ce rapport ne reflètent pas nécessairement les opinions des organismes commanditaires ou subventionnaires*

## TABLE DES MATIÈRES

<b>1</b>	<b>MISE EN SITUATION</b> .....	<b>1</b>
1.1	CONTEXTE HISTORIQUE .....	1
1.2	RÉALISATIONS AUTRES QUE FCM - DE 2002 À 2004.....	1
1.3	RÉALISATIONS FCM – 2004 ET 2005.....	2
<b>2</b>	<b>PROGRAMMATION DES ACTIVITÉS DU PROJET (2004-2005)</b> .....	<b>3</b>
2.1	MISE EN ROUTE DES ACTIVITÉS.....	3
2.2	STRUCTURATION / ANALYSE DES DONNÉES ÉNERGÉTIQUES .....	4
2.3	ÉVALUATION DU POTENTIEL GÉOTHERMIQUE DES AQUIFÈRES DES IDLM.....	5
2.4	RÉDACTION DU RAPPORT.....	5
<b>3</b>	<b>POTENTIEL GÉOTHERMIQUE DES AQUIFÈRES DES IDLM ET LEUR CAPACITÉ SUPPORT</b> ...	<b>6</b>
3.1	SYNTHÈSE DE L'INFORMATION GÉOLOGIQUE ET HYDROGÉOLOGIQUE DISPONIBLE .....	6
3.1.1	Géologie.....	6
3.1.2	Hydrogéologie .....	7
3.1.3	Vulnérabilité potentielle liée à l'utilisation de la géothermie.....	8
3.2	ÉVALUATION PAR MODÉLISATION DE LA CAPACITÉ SUPPORT GÉOTHERMIQUE .....	8
3.2.1	Principe de la modélisation du transfert de chaleur en milieu poreux.....	9
3.2.2	Paramètres et conditions aux limites.....	9
3.2.3	Paramètres de quantification du stockage et de l'extraction géothermique .....	11
3.2.4	Dispositif sans stockage de chaleur à doublet puits de pompage / puits d'injection.....	12
3.2.5	Dispositif à boucle ouverte avec stockage de chaleur : doublet de forages à balayage .....	15
3.2.6	Dispositif à boucle ouverte avec stockage de chaleur : doublet de forages puits chaud / puits froid	17
<b>4</b>	<b>CONSIDÉRATIONS TECHNOLOGIQUES</b> .....	<b>20</b>
4.1	PRINCIPES GÉNÉRAUX .....	20
4.2	TYPES DE SYSTÈME GÉOTHERMIQUE .....	20
4.2.1	Système à boucle ouverte .....	20
4.2.2	Système à boucle fermée verticale .....	22
4.2.3	Système à boucle fermée horizontale .....	23
4.3	CONSIDÉRATIONS PARTICULIÈRES AUX ÎLES-DE-LA-MADELEINE.....	23
4.3.1	Consommation énergétique, coûts et description sommaire des édifices municipaux .....	23
4.3.2	Climat aux Îles-de-la-Madeleine.....	26
4.3.3	Particularités technologiques liées aux Îles-de-la-Madeleine .....	26
4.3.4	Technologie de génération mixte d'électricité .....	27
<b>5</b>	<b>ANALYSE DE LA FAISABILITÉ ÉCONOMIQUE</b> .....	<b>29</b>
5.1	SUBVENTION D'HYDRO-QUÉBEC.....	29
5.2	SUBVENTION DE L'OFFICE DE L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE (OEE).....	30
5.3	ANALYSE DES COÛTS PAR ÉDIFICE MUNICIPAL.....	30
<b>6</b>	<b>GAIN ENVIRONNEMENTAL</b> .....	<b>33</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSIONS</b> .....	<b>35</b>
7.1	POTENTIEL HYDROGÉOTHERMIQUE DES AQUIFÈRES DES ÎLES-DE-LA-MADELEINE .....	35
7.2	FAISABILITÉ ÉCONOMIQUE.....	35
<b>8</b>	<b>RÉFÉRENCES</b> .....	<b>37</b>

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Transferts de chaleur pour un doublet géothermique puits de pompage / puits d'injection.....	13
Figure 2 : Évolution des températures de l'eau et du rendement énergétique annuel pour un doublet géothermique puits de pompage / puits d'injection.....	14
Figure 3 : Impact de la distance inter-puits sur la température de l'eau pompée et sur le rendement énergétique pour le régime permanent.....	14
Figure 4 : Transferts de chaleur pour un doublet géothermique à balayage.....	16
Figure 5 : Évolution des températures de l'eau et du rendement énergétique annuel pour un doublet géothermique à balayage.....	17
Figure 6 : Transferts de chaleur pour un doublet géothermique puits chaud / puits froid.....	18
Figure 7 : Évolution des températures de l'eau et du rendement énergétique annuel pour un doublet géothermique à puits chaud / puits froid.....	19
Figure 8 : Illustration d'un système à boucle ouverte.....	21
Figure 9 : Illustration d'un système à boucle fermée verticale.....	22
Figure 10 : Illustration d'un système à boucle fermée horizontale.....	23

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Paramètres et conditions aux limites appliqués au modèle.....	10
Tableau 2 : Édifices municipaux - Synthèse des données recueillies.....	24
Tableau 3 : Besoins énergétiques par édifice municipal.....	28
Tableau 4 : Système géothermique à boucle fermée et à boucle ouverte - Économie, subventions et retour sur investissement.....	32
Tableau 5 : Centre multifonctionnel de Havre-Aubert - Réduction des gaz à effet de serre (GES) suite à l'implantation d'un système géothermique.....	33

## LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 :	Liste officielle des édifices municipaux d'intérêt géothermique (Source : Municipalité des Îles-de-la-Madeleine)
Annexe 2 :	Description physique des édifices municipaux et de leurs systèmes de chauffage
Annexe 3 :	Estimé des économies liées à la géothermie par édifice municipal
Annexe 4 :	Estimé des subventions disponibles - Deux sources : OEE et HQ
Annexe 5 :	Estimé des coûts totaux d'un projet géothermique par type de système – boucles fermée ou ouverte

## 1 MISE EN SITUATION

### 1.1 CONTEXTE HISTORIQUE

Le présent rapport traite de la « **Faisabilité de l'utilisation de la géothermie dans les édifices municipaux** », une composante d'un projet global :

#### **Gestion des eaux souterraines aux Îles-de-la-Madeleine : Un défi de développement durable**

Le montage financier du projet global regroupait la participation du Fonds d'action québécois pour le développement durable (dossier 388), de la Municipalité des Îles-de-la-Madeleine, du Conseil Régional de Concertation et de Développement – Gaspésie – Les Îles, du Fonds d'Habilitation Municipal Vert (Dossier EF 2951) et l'organisme Attention Frag'Îles.

La participation du fonds d'Habilitation Municipal Vert (FHMV) visait la faisabilité de l'utilisation de la géothermie dans les édifices municipaux. Bien que l'accord de subvention entre la Municipalité des Îles-de-la-Madeleine et la Fédération canadienne des Municipalités (FCM), fiduciaire du Fonds d'habilitation municipal vert (FHMV) ait été signé le 31 octobre 2003, l'aide financière n'a pu être libérée que le 17 novembre 2004.

Ainsi, du 1 avril 2002 au 31 mars 2004, Madelin'Eau a réalisé le projet global - excluant la composante FCM. Le 14 décembre 2004, après la signature de son mandat avec la Municipalité des Îles-de-la-Madeleine, Madelin'Eau a débuté les activités spécifiques à l'étude de la « **Faisabilité de l'utilisation de la géothermie dans les édifices municipaux** ».

### 1.2 RÉALISATIONS AUTRES QUE FCM - DE 2002 À 2004

Dans le cadre du projet de développement durable en matière de gestion des eaux souterraines aux Îles-de-la-Madeleine, les objectifs du groupe Madelin'Eau étaient de doter les représentants de la municipalité des Îles-de-la-Madeleine d'outils de gestion et d'intervention leur permettant de planifier et de valoriser les ressources en eau souterraine. Au terme du projet ( mars 2004), les principaux résultats obtenus et fournis à la municipalité ont été :

- q en terme réglementaire, les aires d'alimentation et les périmètres de protection bactériologique et virologique autour des captages municipaux existants tels que définis par le *Règlement sur le captage des eaux souterraines* (Q-2, r.1.3) et
- q en terme technique, les modalités de pompage et la disponibilité supplémentaire de la ressource, permettant ainsi une Gestion/Exploitation/Protection des ressources en eau souterraine de l'archipel.

L'atteinte des objectifs mentionnés ci-dessus s'est appuyée sur une vision consolidée des systèmes aquifères captés par les captages municipaux existants. Au cours du projet, des travaux de terrain ont impliqué :

- q un inventaire des puits privés,
- q un essai de pompage sur chacun des captages municipaux alimentant les réseaux d'aqueduc municipaux,
- q des levés géophysiques sur toutes les îles de l'archipel, qu'elles soient desservies ou non par des réseaux d'aqueduc,
- q des prélèvements d'eau souterraine pour fins d'analyse sur les îles non desservies par un réseau d'aqueduc.

L'analyse et l'interprétation des données recueillies par le Groupe Madelin'Eau ont :

- q mis à jour la description hydrogéologique aux échelles locale et régionale des systèmes aquifères captés,
- q réalisé la modélisation :
  - ü des écoulements des eaux souterraines pour les trois îles documentées et desservies par un réseau d'aqueduc,
  - ü du biseau salé pour les principaux champs captants.

Le rapport final a présenté l'ensemble des travaux réalisés et des résultats obtenus. Plus spécifiquement, ce document a présenté, d'une part, les considérations méthodologiques liées à l'action du Groupe Madelin'Eau sur le terrain et, d'autre part, les éléments conceptuels à retenir pour une gestion appropriée des ressources en eau souterraine disponibles dans l'archipel des Îles-de-la-Madeleine.

### 1.3 REALISATIONS FCM – 2004 ET 2005

Dans le cadre de l'étude de la « **Faisabilité de l'utilisation de la géothermie dans les édifices municipaux** », Madelin'Eau a rédigé le présent rapport en conformité avec les termes de références de sa demande de financement déposée en septembre 2001 incluant les spécifications libellées à la Convention de partenariat scientifique entre la Municipalité des Îles-de-la-Madeleine et Madelin'Eau – Phase II.

Indépendamment de l'appui financier du FHMV, les points de vue exprimés dans ce rapport sont ceux des auteurs et n'engagent en rien la responsabilité de la Fédération canadienne des municipalités (FCM), non plus que celle du gouvernement du Canada.

## **2 PROGRAMMATION DES ACTIVITÉS DU PROJET (2004-2005)**

### **2.1 MISE EN ROUTE DES ACTIVITÉS**

Le 6 décembre 2004 et avant la signature de la convention de partenariat scientifique entre Madelin'Eau et la Municipalité des Îles-de-la-Madeleine, Madelin'Eau a sélectionné des édifices municipaux à partir d'une liste transmise par Monsieur Jean Hubert de la Municipalité.

Le 8 décembre 2004, Madelin'Eau a signé sa convention de partenariat scientifique avec la Municipalité des Îles-de-la-Madeleine. Le 14 décembre 2004, une résolution du conseil municipal consolidait le tout.

Le 15 décembre 2004, Madelin'Eau a mandaté Monsieur Gilles Auger, ingénieur et consultant inc., à titre de spécialiste en énergie pour la réalisation d'une étude technico-économique portant sur une implantation possible de systèmes géothermiques à certains bâtiments municipaux tout en lui fournissant la liste des édifices municipaux évoqués ci-dessus. Cet appui expert était spécifié à la demande de financement mentionnée à la section 1.3.

Le 5 janvier 2005, la Municipalité a fourni la liste officielle des édifices municipaux concernés par l'étude du FCM. Cette liste regroupe 32 édifices classés selon une priorité établie par la Municipalité (voir annexe 1) tout en spécifiant le type de chauffage (électrique et/ou huile) une particularité des Îles-de-la-Madeleine. Madame Karen Turrif de la Municipalité a transmis au même moment la procuration nécessaire permettant au spécialiste en énergie de contacter directement les représentants d'Hydro-Québec et de la compagnie pétrolière Imperial Oil (annexe 1).

Le 10 janvier 2005, Madame Hosatte, Chef de section Bâtiments de Ressources naturelles – Canada, transmettait à la Municipalité une correspondance (voir annexe 2). Cette correspondance attirait l'attention sur trois points :

1. l'évaluation des impacts que pourrait avoir à grande échelle l'implantation de pompes à chaleurs géothermiques sur les nappes d'eau souterraine,
2. l'existence du logiciel [www.RETSscree.gc.ca](http://www.RETSscree.gc.ca),
3. une considération sur la technologie de génération mixte d'électricité et de chaleur.

Suite à ce courrier, le spécialiste en énergie a contacté Madame Hosatte pour discuter du point 3 ci-dessus. En terme technique, la génération mixte d'électricité et de chaleur est équivalent à de la co-génération et, tous deux, étaient d'accord pour reconnaître que le potentiel de génération mixte d'électricité et de chaleur (co-génération) aux Îles-de-la-Madeleine est pratiquement inexistant car économiquement non rentable et seulement possible par le biais des activités de Hydro-Québec.

Le 10 janvier 2005, une réunion visant à rapprocher Hydro-Québec et Madelin'Eau a eu lieu à Drummondville. Hydro-Québec était représentée par MM. Luc Boutin de Hydro-Québec Distribution et M. Vasile Minea de Hydro-Québec - Institut de recherche. L'objectif de cette rencontre était d'entrevoir la possibilité d'utiliser une méthodologie développée par Monsieur Vasile Minea permettant de développer des cartes d'indice géothermique à partir d'une connaissance hydrogéologique du milieu. Cette méthodologie était explicitée dans un document classé confidentiel par le service de la documentation de Hydro-Québec (voir référence no 3). Le 16 mars 2005, Hydro-Québec s'est désisté. En effet, monsieur Minea a écrit :

*Après vérifications et discussions avec M. Luc Boutin (Hydro-Québec) et nos consultants externes, on a constaté que les ententes en cours ne nous permettent pas encore de divulguer une partie ou la totalité des informations.*

*De plus, tel que nous avons convenu lors de notre rencontre, étant donné la superficie très limitée des îles et le petit nombre de puits comportant des données hydrogéologiques, l'utilisation du logiciel développé en collaboration avec notre consultant externe et le NRCan, même dans sa forme préliminaire, n'apportera pas un support très substantiel tel qu'espéré.*

*La méthode développée et le logiciel seraient en effet plus utiles pour les grandes régions d'intérêt économique du Québec ou du Canada..*

*Nous sommes ouverts à toute autre forme de collaboration dans votre projet actuel ou dans le cadre de futurs projets dans le domaine thermique de la géothermie. »*

## **2.2 STRUCTURATION / ANALYSE DES DONNÉES ÉNERGÉTIQUES**

En collaboration avec les représentants de la Municipalité, Madelin'Eau via le Spécialiste en Énergie, a recueilli les principaux attributs (dimensions, sources énergétiques, etc.) des édifices municipaux (voir annexe 2) ainsi que la collection, sur les douze (12) derniers mois, des factures énergétiques spécifiques à ces édifices. Suite à des échanges avec les responsables techniques de chacun des bâtiments, il a été possible de reconnaître les systèmes mécaniques et électriques installés ainsi que les modes d'opération des bâtiments et la répartition de la consommation d'énergie de chacun.

Le dépouillement des données recueillies a permis de dégager par édifice :

- ü la consommation énergétique et les coûts annuels supportant cette consommation,
- ü le besoin global, le besoin énergétique et le débit requis (si prélèvement en eau souterraine),
- ü les considérations économiques telles les économies potentielles, les subventions applicables des différents gouvernements et utilités publiques, les coûts des projets incluant le retour sur investissement.

Pour l'évaluation des coûts de projet, la capacité requise de chauffage a, d'abord été évaluée dans chacun des bâtiments et, par la suite, l'estimé du coût de projet a été



corroboré auprès d'un entrepreneur spécialisé en installation de systèmes géothermiques.

Ces analyses ont été effectuées par rapport à des systèmes géothermiques à boucle fermée et à boucle ouverte.

### **2.3 ÉVALUATION DU POTENTIEL GÉOTHERMIQUE DES AQUIFÈRES DES IDLM**

Suite à l'évaluation des débits maximaux requis pour soutenir l'application d'un système géothermique à boucle ouverte, un modèle des écoulements souterrains a été développé dans le cadre du projet global (voir section 1.1) et utilisé pour évaluer la capacité support des aquifères mis en évidence et discutés dans le rapport Madelin'Eau déposé en décembre 2004 (voir référence 2).

### **2.4 RÉDACTION DU RAPPORT**

Au terme de ces analyses le présent rapport a été rédigé.

### **3 POTENTIEL GÉOTHERMIQUE DES AQUIFÈRES DES IDLM ET LEUR CAPACITÉ SUPPORT**

Les matériaux géologiques, du fait de leurs faibles conductivités thermiques constituent des milieux favorables au stockage et à l'extraction de la chaleur (Chevalier et al., 1997). Dans les premiers mètres sous la surface du sol, la température reste quasi-constante tout au long de l'année, d'environ un degré Celsius de plus que la température moyenne annuelle. A cet égard, les nappes phréatiques constituent une ressource géothermique privilégiée dans la mesure où elles permettent d'une part l'extraction directe d'importants volumes d'eau et donc de quantité de chaleur, d'autre part un milieu de stockage au sein duquel les pertes de chaleur par conduction sont faibles. Les aquifères gréseux des Îles-de-la-Madeleine présentent des caractéristiques favorables à leur valorisation géothermique. La quantification de ce potentiel a été réalisée par modélisation mathématique de trois dispositifs géothermiques à boucle ouverte : le doublet de forages puits de pompage / puits de rejet, le doublet de forages à balayage et le doublet de forages puits chaud / puits froid.

#### **3.1 SYNTHÈSE DE L'INFORMATION GÉOLOGIQUE ET HYDROGÉOLOGIQUE DISPONIBLE**

##### **3.1.1 Géologie**

L'archipel des Îles-de-la-Madeleine, qui occupe une position centrale dans le Golfe Saint-Laurent, appartient au bassin de Fundy correspondant à une vaste dépression allongée, à caractère de rift, en périphérie de la province géologique des Appalaches (Poole, 1967, Hacquebard, 1971, Kelly, 1980). Le remplissage du bassin par les premiers produits de démantèlement de la chaîne des Appalaches, alors en fin de surrection, appartient à une séquence sédimentaire débutant au Carbonifère (époque du Mississippien, Brisebois, 1981). La sédimentation, vraisemblablement inaugurée par une phase marine régressive déposant des matériaux à dominante évaporitique, localement carbonatés, devient progressivement continentale avec des dépôts détritiques argilo-sableux, intercalés d'épanchements volcaniques associés au rifting péri-orogénique. Après une période d'érosion ou d'absence de dépôts dont témoigne la lacune du Carbonifère supérieur (Mississippien terminal et Pennsylvanien), la sédimentation apparaît franchement continentale avec le dépôt au Permien de sables, à faciès d'abord fluviatiles, lacustres, palustres, puis éoliens, clôturant les événements sédimentaires paléozoïques enregistrés par l'archipel (Brisebois, 1981). Aucun matériau géologique n'a été observé aux Îles-de-la-Madeleine pour témoigner de l'intervalle de temps écoulé depuis lors jusqu'au Quaternaire.

Durant cette période, les mouvements verticaux ayant structuré et permis l'émersion récente de l'archipel sont interprétés comme étant liés aux remontées diapiriques associées aux formations évaporitiques carbonifères (Howie et al., 1975, Brisebois, 1981) et représentées par les « cap-rocks » de gypse, anhydrite, calcaires et dolomies observables actuellement en enclaves au sein des niveaux inférieurs du Mississippien (Formation du Havre-aux-Maisons).

Dans leur édification actuelle, les formations volcano-sédimentaires mississippiennes ont enregistré une forte tectonisation intra-formationnelle et sont structurées en horsts occupant le cœur des îles du Cap-aux-Meules, de Havre-aux-Maisons, l'Île-du-Havre-Aubert, l'Île-d'Entrée et une partie de l'Île Boudreau. Les terrains gréseux permiers constituent les plateaux sub-horizontaux occupant la totalité du territoire des Îles de Pointe-aux-Loups, Grosse-Île, Grande-Entrée et l'Île-Brion, ou reposant en position effondrée au pied des horsts en périphérie des autres îles. A proximité des accidents majeurs délimitant horsts et grabens, leur stratification montre fréquemment un fort pendage jusqu'à apparaître parfois sub-verticale.

Les formations superficielles quaternaires affleurent dans certains secteurs de l'archipel : Île-du-Havre-Aubert, Pointe-aux-Loups et Grande-Entrée. Il s'agit de dépôts ravinants de matériaux sableux peu consolidés (décrits en particulier à Grande-Entrée, Poulin, 1977, Madelin'Eau, 2004) d'origine péri-glaciaire, avec parfois présence de blocs et galets précambriens emballés dans la matrice sableuse.

Les cordons dunaires actuels, produits de l'érosion des grès permiers (Sylvestre, 1979), forment des flèches de sable reliant la plupart des Îles de l'archipel entre elles, par accumulation des sédiments dans les secteurs de moindre courant marin et de faible profondeur.

### 3.1.2 Hydrogéologie

Les formations d'intérêt hydrogéologique aux Îles-de-la-Madeleine sont représentées par les terrains sédimentaires du Permien (Sylvestre, 1979) regroupés sous la dénomination de Formation du Cap-aux-Meules (Sanschagrin, 1964, Brisebois, 1981). Tous les ouvrages municipaux de captage de l'archipel sont implantés dans cette formation (Madelin'Eau, 2004).

Deux unités stratigraphiques se superposent : l'unité inférieure ou Membre de l'Étang-du-Nord constituée de grès rouges et gris-vert en bancs massifs décimétriques, et l'unité supérieure ou Membre de l'Étang-des-Caps constituée de grès rouges éoliens à stratification entrecroisée centimétrique (Brisebois, 1981). Dans ces formations aquifères la nappe est libre ou semi-libre et forme une lentille reposant sur l'eau de mer salée (Sylvestre, 1974 et 1976, Madelin'Eau, 2004) conformément, dans une première approximation, à l'équilibre densitaire de Ghyben-Herzberg (pour une cote piézométrique  $H$  au-dessus du niveau marin, la profondeur de l'interface eau douce/eau salée est située à une profondeur d'environ  $40.H$  sous le niveau de la mer). Les écoulements souterrains sont radiaux divergents du centre des îles vers le littoral. Au cœur des îles les plus vastes, en particulier sur l'Île-du-Cap-aux-Meules, la piézométrie peut atteindre plus de 10 m/nm, impliquant une position de l'interface eau douce/eau salée située à une profondeur minimale de 500 m sous le niveau marin. La recharge de l'aquifère a été modélisée mensuellement par Leblanc (1994) à l'Étang-du-Nord, elle affiche une valeur annuelle moyenne de 230 mm/an.

Dans les grès du Membre de l'Étang-du-Nord, les transmissivités mesurées par pompages d'essai (Madelin'Eau, 2004) sont de l'ordre de  $10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s et les coefficients d'emmagasinement ne sont pas renseignés (aucun ouvrage de captage avec piézomètre(s) n'existe dans cette formation). Dans les grès du Membre de l'Étang-des-Caps, ces paramètres apparaissent respectivement de l'ordre de  $10^{-3}$  m<sup>2</sup>/s et de l'ordre de  $10^{-3}$  à  $10^{-2}$ . Les porosités cinématiques ont été évaluées à quelques pourcents pour les deux Membres (Madelin'Eau, 2004). Ces caractéristiques hydrodynamiques et hydrocinématiques, relativement homogènes à l'échelle de l'archipel, laissent supposer pour les aquifères des Îles-de-la-Madeleine un potentiel hydrogéothermique régional.

Les formations volcano-sédimentaires carbonifères sont relativement imperméables (Madelin'Eau, 2004) et ne présentent qu'un faible intérêt hydrogéologique, uniquement valorisable par des puits individuels interceptant l'écoulement hypodermique. Leur potentiel hydrogéothermique est donc également extrêmement limité.

De même, la faible extension géographique et le caractère superficiel des formations péri-glaciaires quaternaires et dunaires actuelles (Madelin'Eau, 2004) ne permettent pas d'y envisager une valorisation hydrogéothermique conséquente.

### **3.1.3 Vulnérabilité potentielle liée à l'utilisation de la géothermie**

Tout ouvrage captant une nappe phréatique constitue, de par l'accès direct à l'aquifère depuis la surface, une source de risque d'altération de la qualité des eaux souterraines. Les systèmes géothermiques s'inscrivent ainsi parmi les sources potentielles de contamination de la ressource. Du fait de leur caractère insulaire, les aquifères des Îles-de-la-Madeleine sont par ailleurs très vulnérables aux intrusions salines liées à une intense exploitation des nappes. Les systèmes géothermiques ouverts constituent des points de pressions supplémentaires sur la nappe. Toutefois, cette exploitation supplémentaire de la ressource peut être compensée par une ré-injection de l'eau extraite à proximité du puits de pompage, dans ce cas toute l'eau prélevée est restituée à la nappe et l'impact sur la ressource, en termes quantitatifs, est neutralisé. En termes qualitatifs, si l'eau prélevée par la pompe à chaleur circule dans une boucle fermée en surface, une contamination de l'aquifère due à la ré-injection demeure un faible risque.

## **3.2 ÉVALUATION PAR MODÉLISATION DE LA CAPACITÉ SUPPORT GÉOTHERMIQUE**

De manière à évaluer le potentiel hydrogéothermique des aquifères des Îles-de-la-Madeleine, un modèle mathématique a été spécifiquement développé à partir du code de simulation SUTRA (Voss, 1984). Le modèle SUTRA permet la simulation des transferts de chaleur au sein d'un milieu poreux sous différentes conditions de recharge (infiltration) et de prélèvement / injection (puits de pompage/injection).

### 3.2.1 Principe de la modélisation du transfert de chaleur en milieu poreux

L'équilibre entre l'eau chaude et froide est régi à la fois par les mécanismes de conduction thermique (diffusion de la chaleur au sein du milieu poreux et du fluide), de convection thermique (entraînement de la chaleur par l'écoulement) et de dispersion thermique (diffusion de la chaleur due à l'hétérogénéité des champs de vitesses à l'intérieur des pores).

La densité de l'eau variant également avec sa température, les équations mathématiques qui régissent cet équilibre sont dénommées de manière générale « lois d'écoulements densitaires » et sont relativement complexes. Elles sont analogues à celles régissant les phénomènes densitaires liés à la concentration en soluté du fluide, comme par exemple l'équilibre entre l'eau douce et l'eau salée en milieu insulaire ou côtier (Madelin'Eau, 2004). SUTRA intègre ces équations dans un mode de résolution en éléments finis et permet de procéder à des simulations du transport de chaleur en deux ou trois dimensions.

### 3.2.2 Paramètres et conditions aux limites

Le domaine simulé avec SUTRA correspond à un bloc tri-dimensionnel théorique représentatif des dimensions moyennes des secteurs d'affleurement des grès du Membre de l'Etang-des-Caps sur les îles les plus peuplées de l'archipel. Un parallélépipède de 1000 m x 1000 m en surface et d'épaisseur variant de 50 m sur le littoral à 70 m en extrême amont (base du modèle à -50 m/nmm) a été considéré, totalisant 18 207 nœuds et 15 000 éléments.

Les paramètres hydrogéologiques appliqués au modèle sont ceux mesurés par Madelin'Eau (2004). Les perméabilités découlent de la transmissivité moyenne mesurée par pompage d'essai dans les grès du Membre de l'Etang-des-Caps. La porosité cinématique provient de l'interprétation des profils géophysiques et les dispersivités du couplage entre l'imagerie géophysique et la modélisation du biseau salé.

Les paramètres hydrogéothermiques proviennent des travaux de Gauthier (1993) traitant en particulier de la modélisation du transfert de chaleur dans deux aquifères typiques du Québec.

Les recharges et gradients hydrauliques mensuels appliqués en régime transitoire proviennent respectivement de la modélisation de la recharge à l'Etang-du-Nord par Leblanc (1994) et de la modélisation des écoulements par Madelin'Eau (2004).

Les débits de prélèvement en mode chauffage et climatisation sont fixés aux valeurs les plus élevées requises par des dispositifs en boucle ouverte (voir sections suivantes du rapport) pour s'assurer de satisfaire au besoin énergétique des plus importants bâtiments municipaux. Les débits d'injection en mode chauffage et climatisation sont

égaux et appliqués simultanément aux débits de pompage de manière à ne pas modifier l'équilibre hydrodynamique régional et par conséquent celui du biseau salé. Les températures d'injection sont définies pour permettre une extraction (ou injection) importante de chaleur de la nappe.

Conformément aux caractéristiques climatiques des Îles-de-la-Madeleine, la période de chauffage prise en compte dans le modèle est de 7 mois (novembre à mai) et la période de climatisation de 5 mois (mai à octobre). La température des eaux souterraines du Membre de l'Étang-des-Caps a été mesurée sur quelques captages municipaux par la municipalité (J. Hubert). Les variations de température de l'eau de mer sont celles mesurées par Petrie et Pettipas (2004) entre 1999 et 2003 sur la côte Nord-Est de la Nouvelle-Ecosse. Les paramètres d'entrée du modèle sont présentés au tableau suivant.

**Tableau 1 : Paramètres et conditions aux limites appliqués au modèle**

<i>Paramètres hydrogéologiques</i>	
Perméabilité intrinsèque	4,0.10 <sup>-12</sup> m <sup>2</sup> (isotrope)
Porosité totale	30 %
Porosité cinématique	3,3 %
Dispersivité longitudinale	0,6 m
Dispersivité transversale	0,6 m
<i>Paramètres hydrogéothermiques</i>	
Chaleur spécifique de la matrice gréseuse	2093 J/kg/°C
Diffusivité thermique de la matrice gréseuse	4,5 W/m/°C
<i>Conditions aux limites</i>	
Recharge mensuelle	5 à 46 mm/mois
Température de la recharge (température de la nappe)	6,5 °C
Gradient hydraulique	0,004 à 0,005
Température de la mer	-0,5 à 16,5 °C
Débit de pompage en mode chauffage	10 L/s
Débit de pompage en mode climatisation	10 L/s
Débit d'injection en mode chauffage	10 L/s
Débit d'injection en mode climatisation	10 L/s
Température d'injection en mode chauffage	4 °C
Température d'injection en mode climatisation	9 °C
Distance entre puits de pompage et d'injection	40 m

### 3.2.3 Paramètres de quantification du stockage et de l'extraction géothermique

Plusieurs paramètres ont été définis pour quantifier l'efficacité énergétique des différents dispositifs géothermiques à partir des résultats des modèles. Tous sont basés sur le calcul de la quantité d'énergie échangée par un volume d'eau pompée ou injectée lorsqu'on modifie sa température, qui s'exprime de la manière suivante :

$$E = \int_r \cdot C \cdot \Delta T \cdot q \cdot dt$$

avec  $E$  : quantité d'énergie échangée (J)  
 $\rho$  : masse volumique de l'eau extraite ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )  
 $C$  : capacité calorifique de l'eau extraite ( $\text{J}/\text{kg}/^\circ\text{C}$ )  
 $\Delta T$  : différence de température entre l'eau pompée et ré-injectée ( $^\circ\text{C}$ )  
 $q$  : débit de prélèvement ( $\text{m}^3/\text{s}$ )  
 $t$  : temps (s)

Si les paramètres  $\rho$ ,  $C$  et  $\Delta T$  ne varient pas dans le temps, alors on peut écrire :

$$E = r \cdot C \cdot \Delta T \cdot \int q \cdot dt$$

Et si le débit  $q$  est constant au cours du pompage :

$$E = r \cdot C \cdot \Delta T \cdot V$$

où  $V$  représente le volume d'eau prélevé au cours de la période ( $\text{m}^3$ )

A partir de cette quantité d'énergie échangée (extraite ou stockée), on peut définir, pour les systèmes géothermiques avec stockage de chaleur, un paramètre d'efficacité de récupération de l'énergie stockée dans l'aquifère, appelé taux de récupération :

$$T_r = \frac{E_r}{E_s} \cdot 100$$

avec  $T_r$  : taux de récupération de l'énergie stockée (%)  
 $E_r$  : quantité d'énergie récupérée (J) ayant une température supérieure à la température naturelle de l'aquifère  
 $E_s$  : quantité d'énergie stockée (J) ayant une température supérieure à la température naturelle de l'aquifère

De même, on peut définir un paramètre de rendement énergétique du dispositif basé sur un cycle de référence théorique correspondant à une nappe dont la température ne varie pas sous l'effet des pompes ou injection :

$$R = \frac{E_p - E_i}{E_p^{th} - E_i^{th}} \cdot 100$$

avec  $R$  : rendement énergétique (%) pour le cycle chauffage/climatisation en cours

$E_p$  : quantité d'énergie totale extraite (J) en mode chauffage

$E_i$  : quantité d'énergie totale injectée (J) en mode climatisation

$E_p^{th}$  : quantité d'énergie théorique extraite (J) en mode chauffage si la température de la nappe ne variait pas en cours d'exploitation géothermique

$E_i^{th}$  : quantité d'énergie théorique injectée (J) en mode climatisation si la température de la nappe ne variait pas en cours d'exploitation géothermique

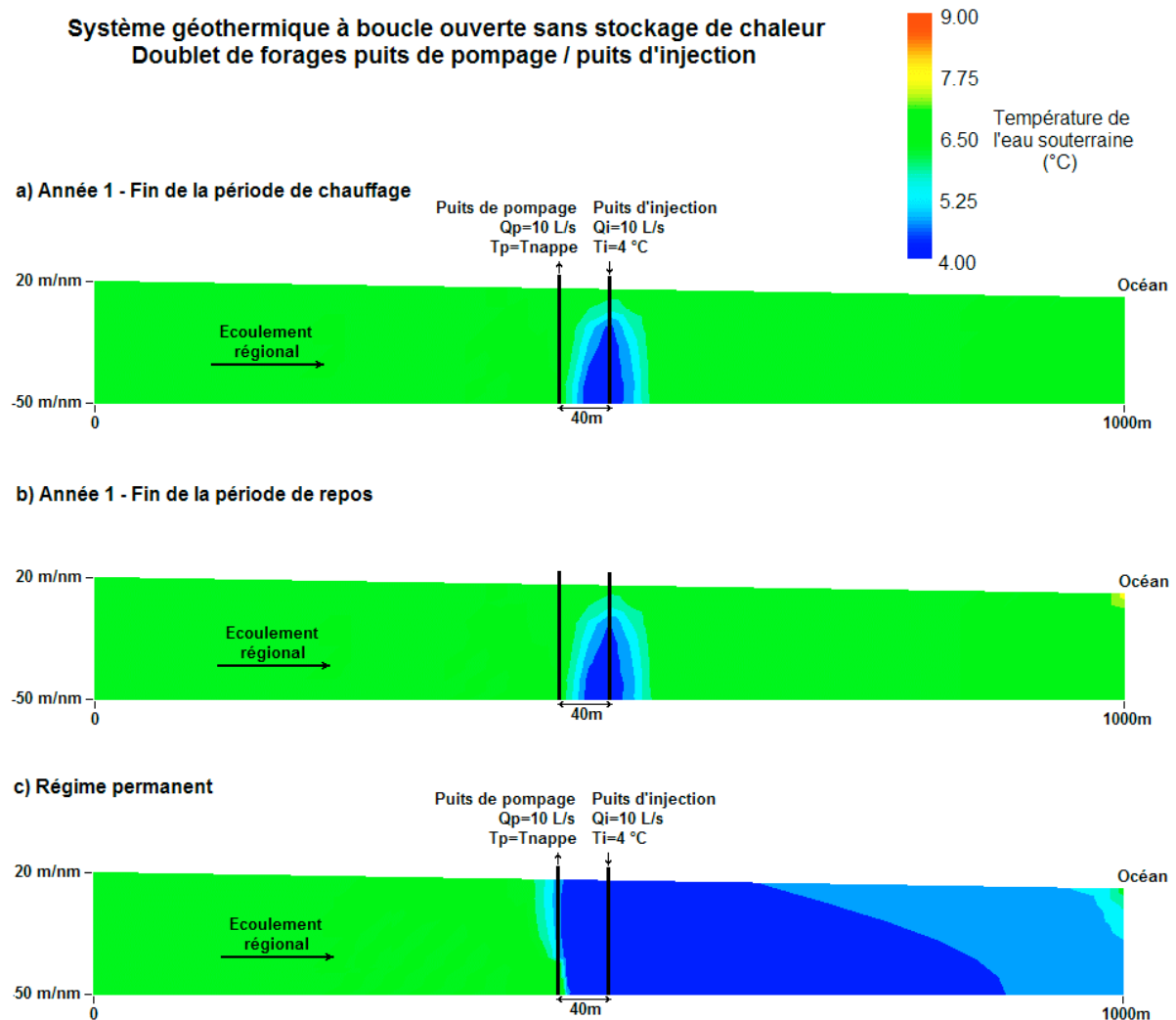
Pour le dispositif sans stockage de chaleur, c'est-à-dire qui ne fonctionne qu'en mode chauffage, le rendement énergétique est défini de la même façon, à la différence près que les quantités d'énergie injectées (pour le cycle considéré et le cycle théorique de référence) sont nulles.

### 3.2.4 Dispositif sans stockage de chaleur à doublet puits de pompage / puits d'injection

Ce dispositif comporte un puits de pompage et un puits d'injection ne fonctionnant qu'en mode chauffage durant sept mois. En période froide, le puits de pompage, implanté en amont prélève l'eau de la nappe, qui après extraction de sa chaleur, est ré-injectée dans l'aquifère en aval à une température plus faible. En période chaude, le dispositif ne fonctionne pas et la nappe est considérée au repos.

La figure 1 illustre les variations de température au sein de l'aquifère à la fin de la première période de chauffage et de la première période de repos, ainsi que pour le long terme correspondant à l'installation de régime quasi permanent. On observe que le panache froid se formant autour du puits d'injection ne se rééquilibre pas durant la période de repos avec l'eau de l'aquifère. Au cours des années de fonctionnement du dispositif ce panache augmente de taille comme le montre la section du bas illustrant le régime permanent. Si les puits de pompage et d'injection sont trop près l'un de l'autre, le puits de pompage se trouve contaminé par l'eau refroidie autour du puits d'injection.





**Figure 1 : Transferts de chaleur pour un doublet géothermique puits de pompage / puits d'injection**

La figure 2 montre l'évolution des températures de l'eau pompée et injectée et les rendements énergétiques sur cinq années de fonctionnement. Tel que remarqué précédemment, on observe une diminution de température de l'eau pompée due à la proximité du puits d'injection (passant de 6,5 °C en début de fonctionnement à près de 5 °C à la fin de la cinquième année). Ceci se traduit par une baisse du rendement énergétique au cours des ans, passant en dessous de 50 % à partir de la cinquième année.

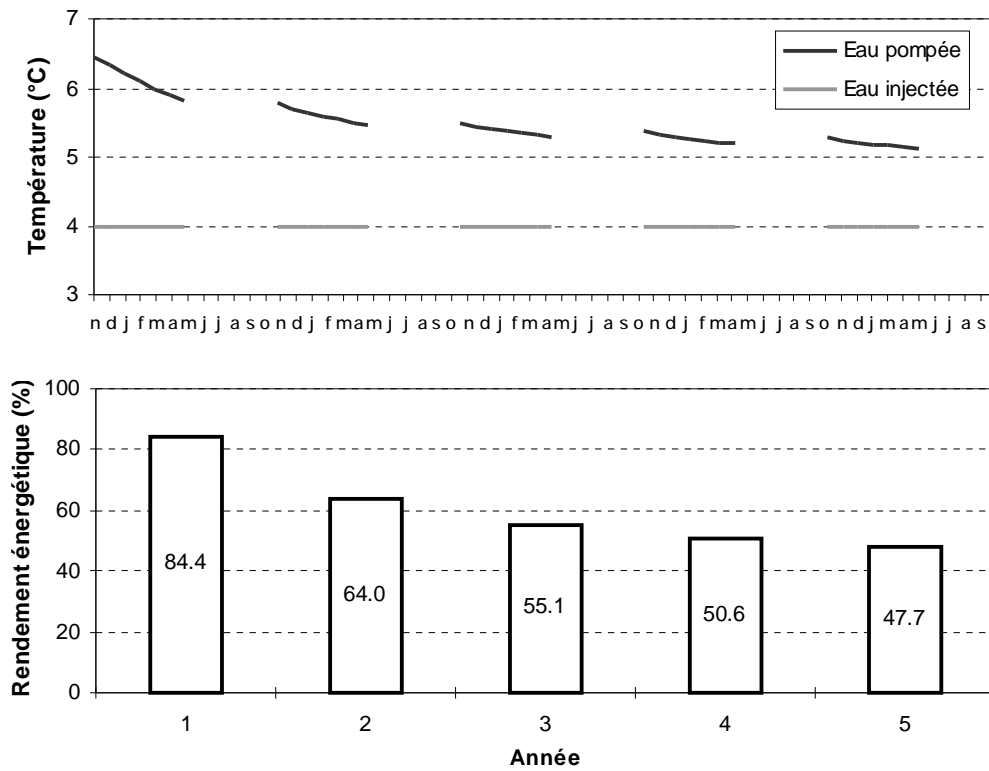


Figure 2 : Évolution des températures de l'eau et du rendement énergétique annuel pour un doublet géothermique puits de pompage / puits d'injection

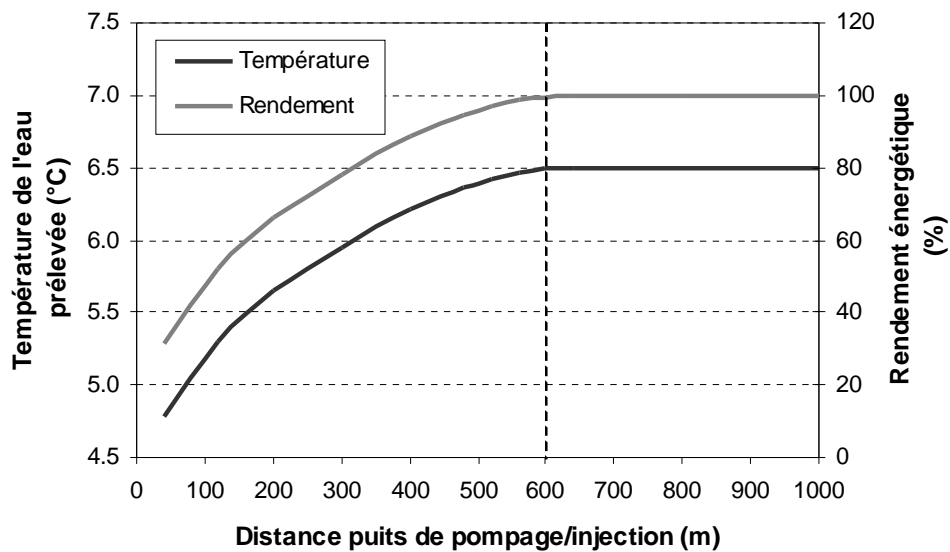


Figure 3 : Impact de la distance inter-puits sur la température de l'eau pompée et sur le rendement énergétique pour le régime permanent

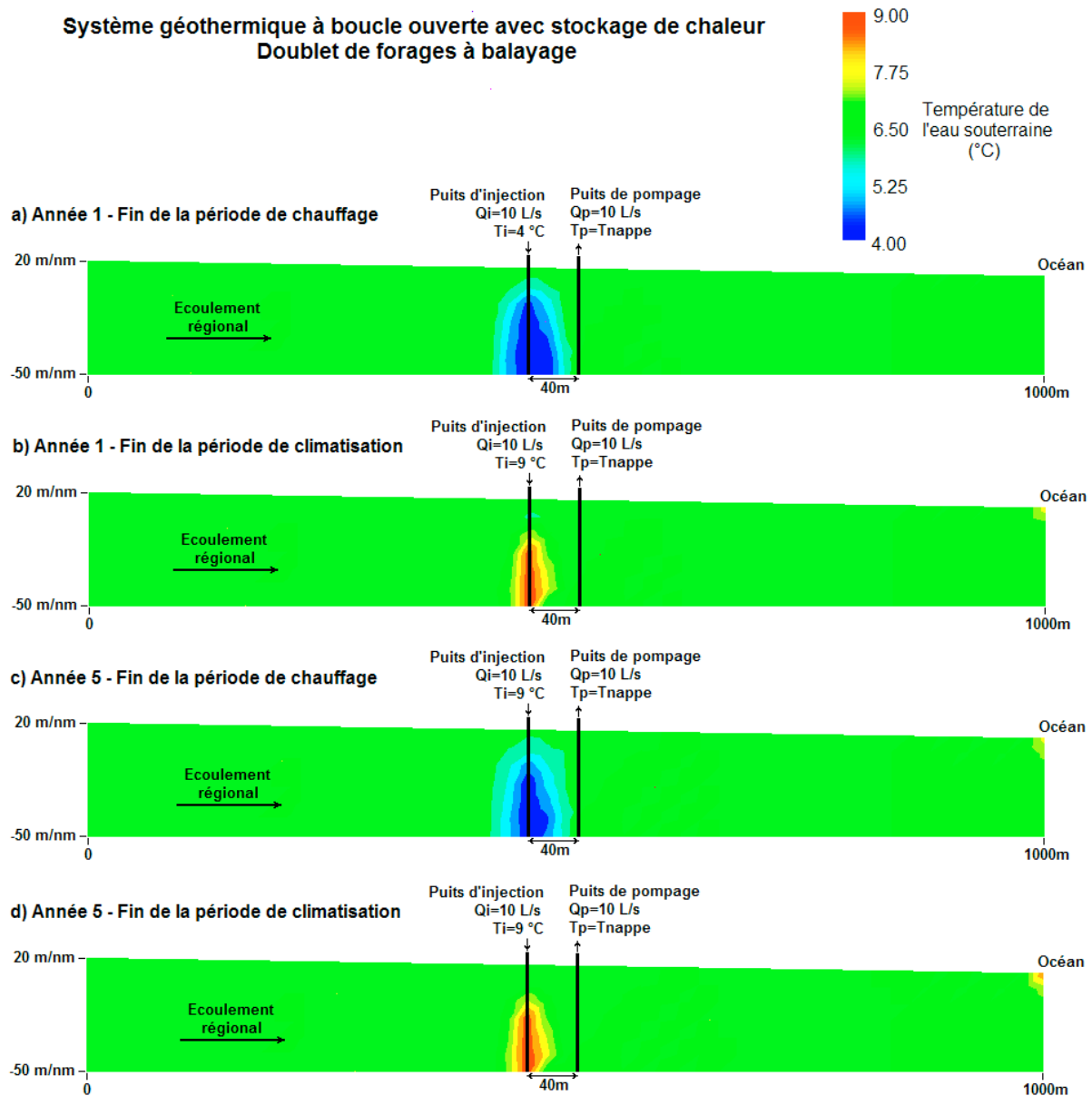
L'optimisation de ce dispositif géothermique consiste donc à implanter les deux puits de façon à ce que le pompage ne mobilise pas les températures basses liées au puits d'injection. Dans ce cas, le rendement énergétique reste constant à 100 %. La figure 3 représente l'impact de la distance inter-puits sur la température de l'eau extraite et sur le rendement énergétique en régime permanent. On constate, dans les conditions de pompage appliquées (débits, température d'injection), que le puits d'injection n'a plus d'influence sur le pompage pour une distance inter-puits supérieure à 600 m. Cette distance optimale est réduite si l'on diminue les débits de pompage/injection et/ou la température d'injection.

### **3.2.5 Dispositif à boucle ouverte avec stockage de chaleur : doublet de forages à balayage**

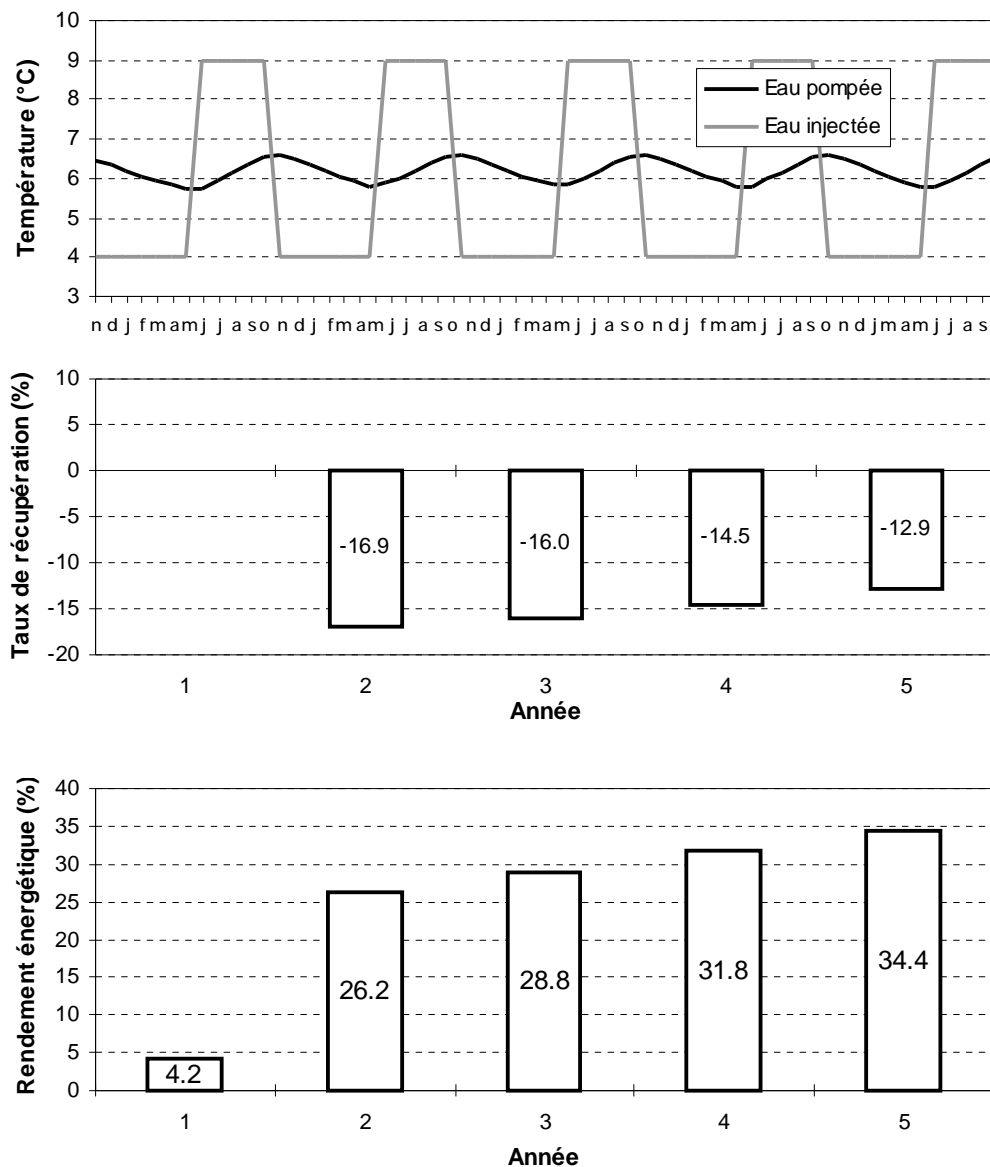
Ce dispositif comporte un puits de pompage et d'injection fonctionnant en mode chauffage durant sept mois et mode climatisation durant cinq mois. Le puits d'injection est situé en amont et le puits de prélèvement en aval, ce qui permet à la chaleur injectée en climatisation d'être récupérée en chauffage la période suivante, à la faveur du gradient régional de la nappe. Le principe est le même en chauffage, les basses températures sont transférées vers le pompage et utilisées en climatisation.

La figure 4 illustre la répartition des températures dans l'aquifère pour les fins de période de chauffage et climatisation pour la première année et la cinquième année de fonctionnement. Des panaches successivement froid et chaud se forment autour du puits d'injection. Du fait des faibles gradients hydrauliques (0,004 à 0,005 suivant la saison) existant dans les grès du Membre de l'Etang-des-Caps, la dérive des panaches thermiques n'est pas observable à l'échelle de temps des périodes chauffage/climatisation, les températures injectées sont rapidement neutralisées par celles de la période précédente.

La figure 5 représente l'évolution des températures de l'eau pompée / injectée, des taux de récupération et des rendements énergétiques sur cinq ans pour le dispositif à balayage. La température de l'eau prélèvement oscille suivant les périodes d'injection : diminution de la température de 7 à 6 °C environ durant la période de chauffage, et augmentation de température d'environ 6 à 7 °C en climatisation. Les taux de récupération sont négatifs sur la période de 5 ans considérée, mais s'améliorent au cours du temps. Les caractéristiques hydrodynamiques (gradient hydraulique) et hydrocinématiques (porosité cinématique) des aquifères modélisés ne semblent pas permettre de stockage de chaleur efficace avec ce dispositif. Toutefois, le rendement énergétique augmente de façon logarithmique atteignant presque 35 % en cinquième année.



**Figure 4 : Transferts de chaleur pour un doublet géothermique à balayage**

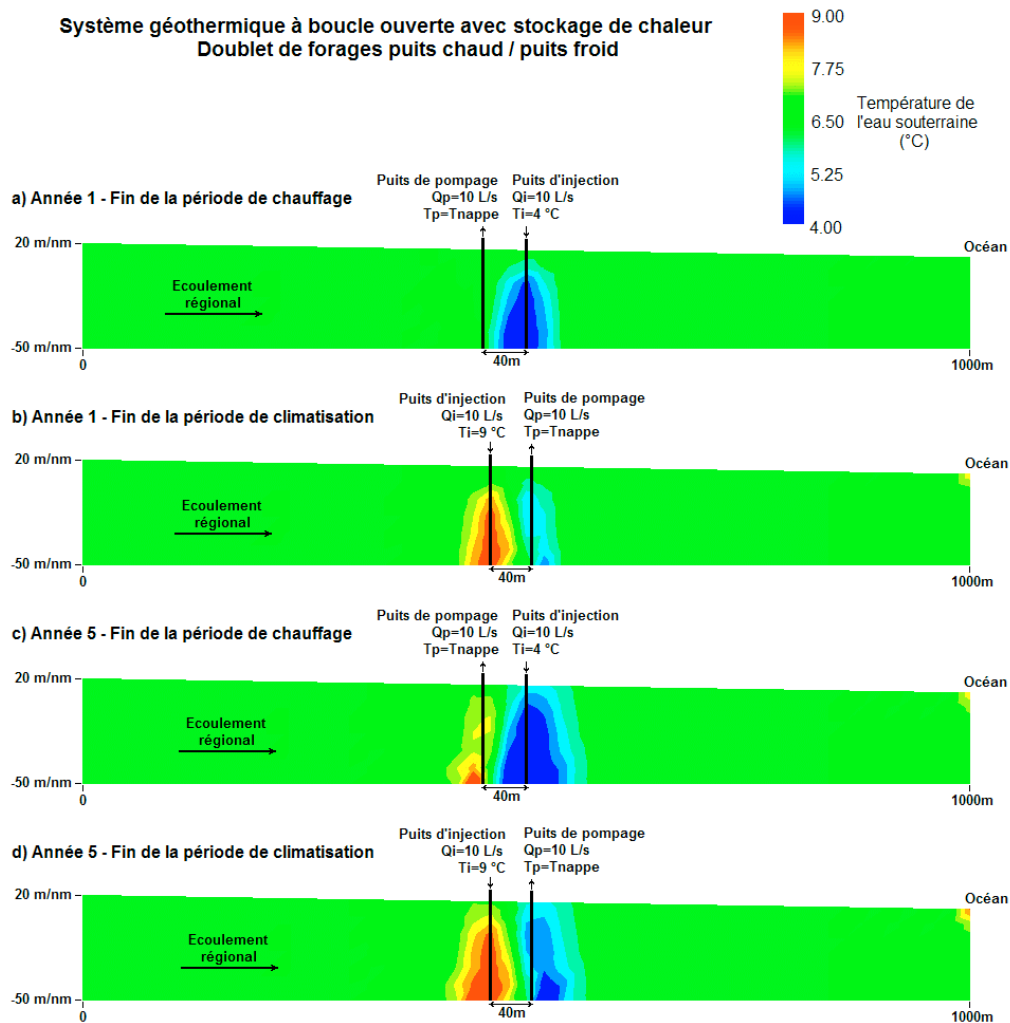


**Figure 5 : Évolution des températures de l'eau et du rendement énergétique annuel pour un doublet géothermique à balayage**

### 3.2.6 Dispositif à boucle ouverte avec stockage de chaleur : doublet de forages puits chaud / puits froid

Comme pour le système à balayage, ce dispositif comporte un puits de pompage et d'injection fonctionnant en mode chauffage durant sept mois et mode climatisation durant cinq mois. La différence avec le système précédent tient au fait que les puits de chauffage et d'injection s'intervertissent à la fin de chaque saison. En mode chauffage, le puits de pompage est situé en amont, le puits d'injection est en aval, le dispositif est

inversé en mode climatisation avec pompage en aval, injection en amont. S'individualisent donc une zone froide en aval servant de stock d'eau à basse température prélevée en période de climatisation, et une zone chaude en amont servant de stock d'eau chaude utilisée pour le chauffage.



**Figure 6 : Transferts de chaleur pour un doublet géothermique puits chaud / puits froid**

La figure 6 illustre le transfert d'énergie dans l'aquifère aux fins des périodes de chauffage et climatisation pour la première et cinquième année de fonctionnement du système géothermique. Les zones chaudes et froides sont clairement visibles et individualisées, formant respectivement un stock d'eau chaude et froide, prélevé en chauffage (respectivement en climatisation), et renouvelé la saison suivante.

La figure 7 montre l'évolution des températures de l'eau pompée et injectée, le taux de renouvellement et le rendement énergétique pour cinq années de fonctionnement. On remarque l'évolution très saccadée des températures de prélèvement due au basculement saisonnier des puits de pompage et d'injection. Le taux de récupération de l'énergie injectée augmente vite et affiche une valeur proche de 35 % en cinquième année. De même le rendement énergétique atteint cette même année presque 60 %. Ce dispositif hydrogéothermique paraît donc particulièrement bien adapté au contexte hydrogéologique des Îles-de-la-Madeleine avec un stockage et une récupération efficace de la chaleur.

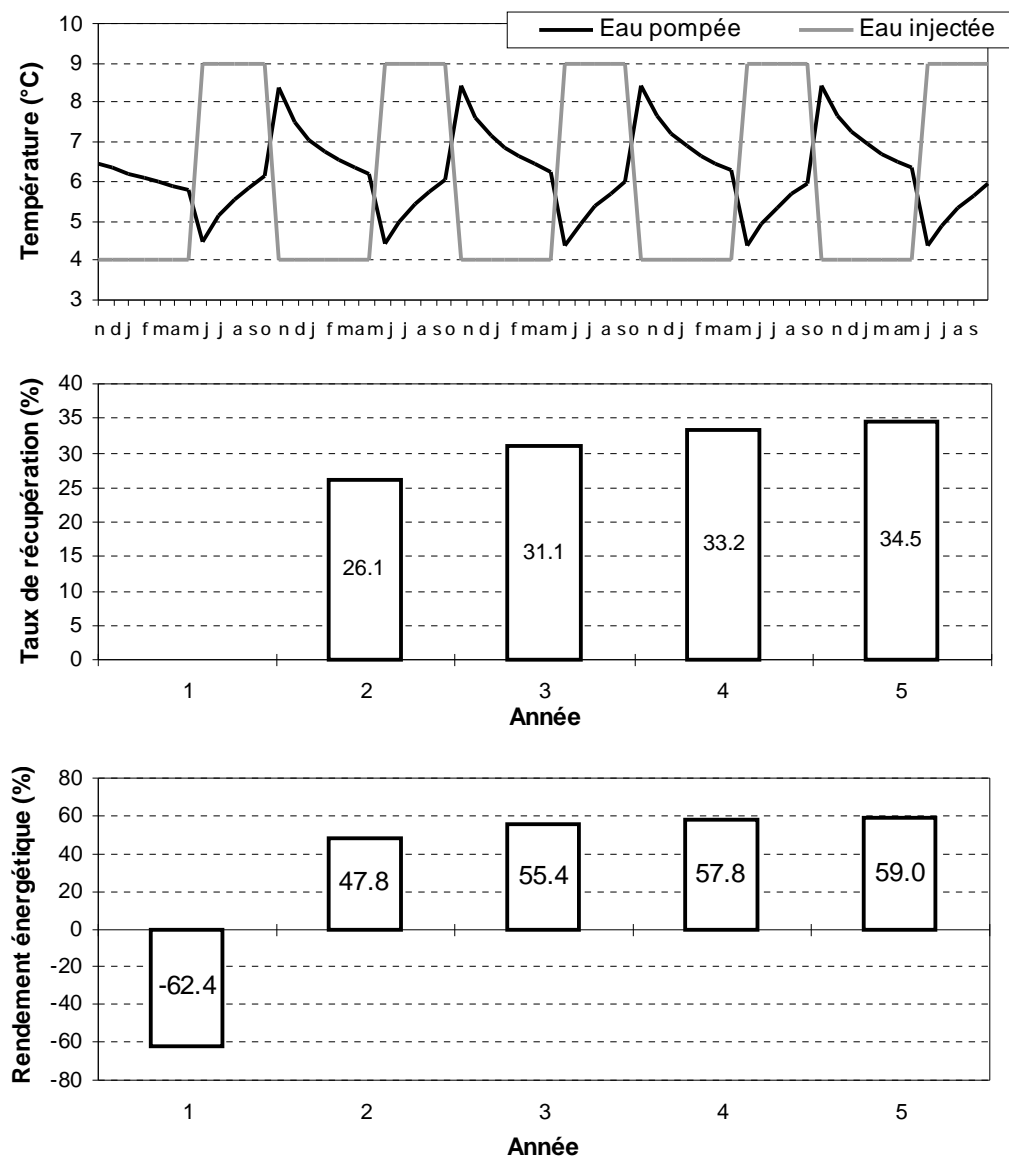


Figure 7 : Évolution des températures de l'eau et du rendement énergétique annuel pour un doublet géothermique à puits chaud / puits froid

## **4 CONSIDÉRATIONS TECHNOLOGIQUES**

### **4.1 PRINCIPES GÉNÉRAUX**

L'utilisation de systèmes géothermiques dans les édifices municipaux ou autres s'appuie sur la possibilité de capter la chaleur du sous-sol.

Aux Îles-de-la-Madeleine, les réservoirs aquifères renferment une eau souterraine à des profondeurs variant de 8 ou 9 mètres et plus, et à une température pratiquement constante toute l'année, soit environ 6,5 °C tel que mesurées in-situ à Grande-Entrée et Havre-Aubert. Cette constance des températures permet aux pompes à chaleur géothermique d'afficher un rendement uniforme, peu importe les fluctuations des températures de l'air extérieur.

Une pompe à chaleur géothermique est un appareil frigorifique à compression d'une catégorie particulière dont le principal but est de transférer la chaleur d'une source de chaleur à basse température à un dissipateur thermique à plus haute température à des fins de chauffage. Le flux des échanges peut être réversible et favoriser autant la production de chaleur que du froid.

Pour les projets analysés ci-après, les pompes peuvent être à eau-eau ou à eau-air. Le coefficient moyen de performance (COP) de ce genre de pompe à chaleur est de 3,5. En d'autres mots, avec une telle pompe à chaleur, il est possible de générer 3,5 kWh de chauffe à partir d'une consommation de seulement 1 kWh.

Les pompes à chaleur sont installées à l'intérieur de l'édifice et ne nécessitent peu d'entretien. Dans la pratique, leur durée de vie est de l'ordre de 20 ans.

### **4.2 TYPES DE SYSTÈME GÉOTHERMIQUE**

Trois types de système géothermique existent sur le marché:

- ü Système à boucle ouverte,
- ü Système à boucle fermée verticale
- ü Système à boucle fermée horizontale

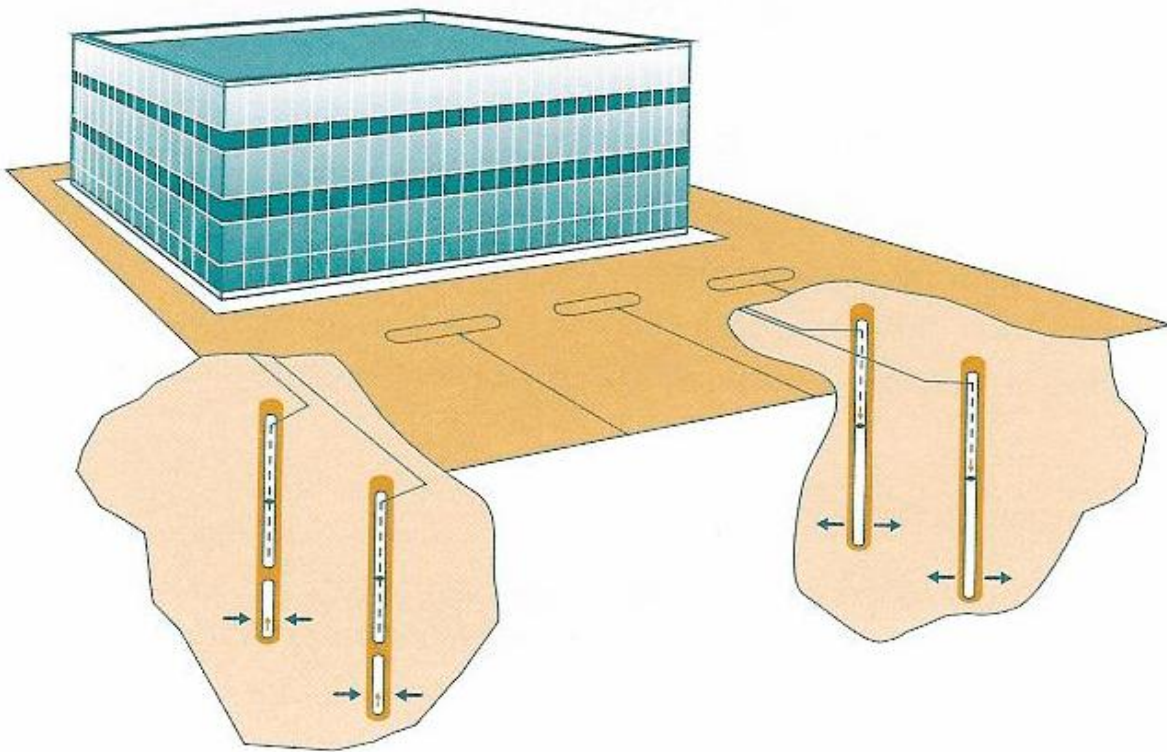
#### **4.2.1 Système à boucle ouverte**

Les systèmes à boucle ouverte consistent à pomper l'eau d'un aquifère vers le bâtiment, la diriger par la suite vers un échangeur de chaleur de la pompe à chaleur et par la suite retourner l'eau vers un autre puits espacé afin d'éviter le mélange de l'eau d'alimentation et de retour. Lorsque l'eau de la nappe phréatique est disponible en quantité suffisante, que sa qualité se prête à ce type d'installation et que les règlements



environnementaux le permettent, cette option est à considérer. La figure 8 illustre la configuration d'un système à boucle ouverte.

**Figure 8 : Illustration d'un système à boucle ouverte**



Un système à boucle ouverte a été implanté à la 'Biosphère de Montréal' ainsi qu'à plusieurs autres endroits au Québec. Ce système, en particulier pour la Biosphère de Montréal, s'avère parfois problématique en raison d'une possible contamination bactériologique des tuyaux de pompage. En effet, et pour le cas de la Biosphère, l'eau circulant dans cet aquifère est très ferrugineuse et a engendré une contamination bactériologique qui a progressivement obstrué les tuyaux. En raison de cette mauvaise qualité d'eau, les coûts de maintenance et d'entretien s'avèrent très élevés. De plus, les solutions connues de décontamination sont non écologiques.

Par ailleurs, la nouvelle Politique nationale de l'eau au Québec annoncée en novembre 2002 pourrait favoriser une mise en place d'une taxation supplémentaire pour des prélèvements d'eau devant répondre à tout type d'activité et diminuer ainsi le retour sur investissement de tels projets.

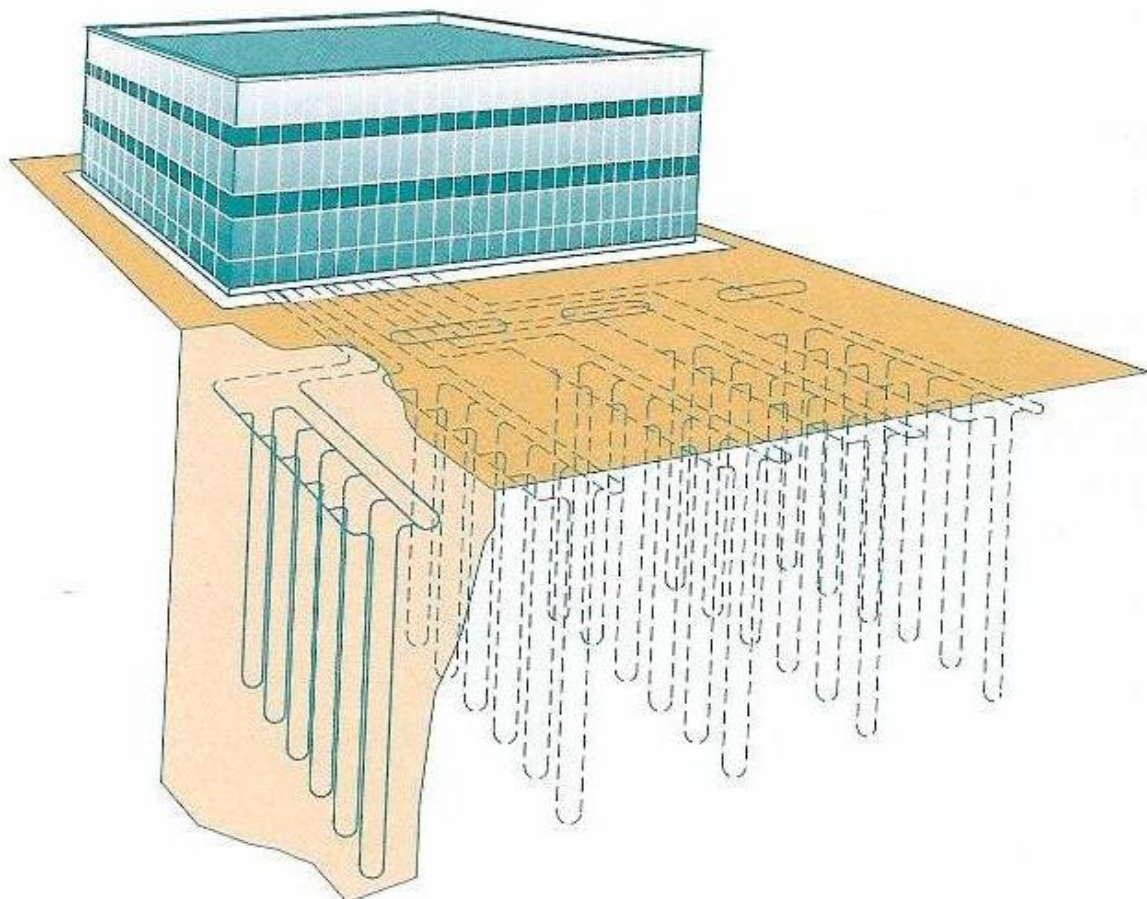
Bien que cette technologie soit moins coûteuse d'installation, les raisons précitées nous obligent à une mise en garde si cette option était choisie par la Municipalité.

#### 4.2.2 Système à boucle fermée verticale

Les systèmes à boucle fermée conviennent à la plupart des bâtiments. Ces systèmes ont peu d'impact sur l'environnement. Le principe consiste en une série de trous verticaux (trous de forage) de 45 à 200 mètres de profondeur dans le sol dans lesquels on dispose un ou des tuyaux en U de polyéthylène haute densité. Après l'insertion des tuyaux, les trous sont remplis de remblais et de coulis. L'injection de coulis empêche l'eau de surface de pénétrer dans la nappe phréatique.

Dans ces tuyaux circule en circuit fermé un liquide caloporteur qui est acheminé au(x) pompe(s) à chaleur. Les systèmes à boucle fermée verticale sont fréquemment installés au Québec. La figure 9 illustre la configuration d'un système à boucle fermée verticale.

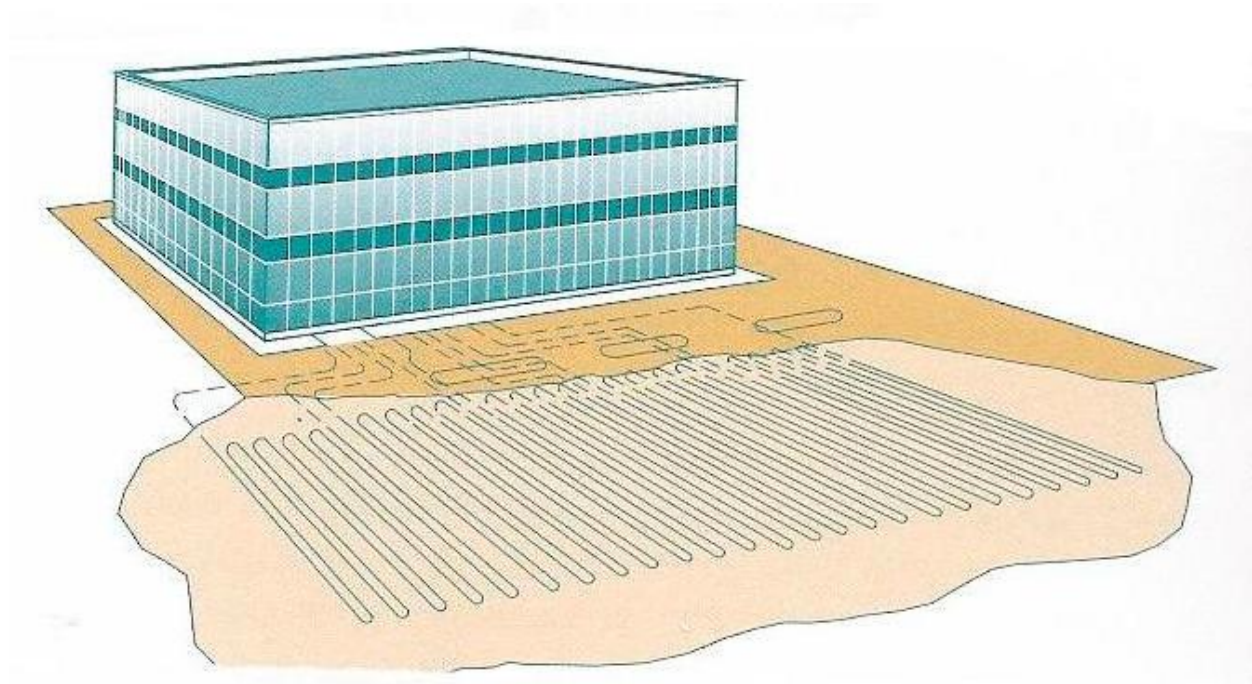
**Figure 9 : Illustration d'un système à boucle fermée verticale**



### 4.2.3 Système à boucle fermée horizontale

Les systèmes à boucle fermée horizontale sont souvent les plus économiques à installer à cause de leur coût d'implantation plus faible. Toutefois, ils affichent des rendements saisonniers inférieurs à cause des températures souterraines plus basses (sous-sol pas forcément saturé en eau souterraine) et nécessitent une plus grande surface de terrain. Pour ces raisons, ses systèmes conviennent mieux à de petites installations résidentielles.

**Figure 10 : Illustration d'un système à boucle fermée horizontale**



## 4.3 CONSIDERATIONS PARTICULIÈRES AUX ÎLES-DE-LA-MADELEINE

### 4.3.1 Consommation énergétique, coûts et description sommaire des édifices municipaux

Les informations recueillies lors des divers contacts avec la Municipalité sont consignées à l'annexe 2. Le tableau 2 dresse la synthèse par édifice municipal des informations utiles aux diverses analyses tels le type de chauffage, les superficies chauffées et climatisées, les consommations énergétiques exprimées en KWH ou en litre d'huile ainsi que les coûts moyens du KWH ou litres d'huile avant taxes.

De ce tableau, on constate que les besoins en climatisation sont pratiquement inexistantes à l'exception du Centre civique, la Maison de la Culture et le Centre multifonctionnel de Havre-Aubert.

**Tableau 2 : Édifices municipaux - Synthèse des données recueillies**

BÂTIMENT	ADRESSE/ VILLAGE	CHAUFFAGE	ÉLECTRICITÉ	SUPERFICIE CHAUFFÉE	SUPERFICIE CLIMATISÉE	KWH DE CLIMATISATION	KWH ou LITRE DE CHAUFFAGE	COÛT MOYEN DU KWH ou LITRE AVANT TAXES
Centre civique (Mairie)	460, ch. Principal, CAP-AUX- MEULES	HUILE, SYST.- EAU- CHAUDE	TARIF G, 60 KW, FU 44 %, FP 80 %, 20 000 KWh/mois	2 ÉTAGES TOTALISANT 17 000 PI <sup>2</sup>	17 000 PI <sup>2</sup> PAR UNE UNITÉE DE TOIT	10 000	20 974 LITRES	0,079/KWH et 0,413 \$/L
Maison de la Culture	37, ch. Central HAVRE-AUX- MAISONS	HUILE SYST.- EAU- CHAUDE + 2 400 PI <sup>2</sup> CHAUFFÉ AVEC PLINTHES ÉLEC.	TARIF G, 43 KW, FU 35 %, FP 87 %	13 600 PI <sup>2</sup> CHAUFFÉE À L'HUILE ET + 2 400 PI <sup>2</sup> CHAUFFÉ AVEC PLINTHES ELEC.	12 000 PI <sup>2</sup> PAR UNE UNITÉE DE TOIT	7 000	16 044 LITRES	0,079/KWH et 0,485/L
Complexe municipal (aréna)	33, ch. des Marais HAVRE-AUX- MAISONS	ÉLECTRIQUE + RÉCUPÉRATION SUR COMPRESSEUR	TARIF M, 50/200 KW,FU 35 % FP 90 %	3 850 P <sup>2</sup> CHAUFFÉS ÉLECTRIQUE (11 PIÈCES)	0	0	27 000 KWH et 8 700 LITRES	0,096/KWH et 0,418 \$/L
Centre récréatif de L'Étang-du- Nord	1349, ch. de L'Étang-du-Nord ÉTANG-DU- NORD	ÉLECTRIQUE AVEC PLINTHES ET CONVECTAIRS	TARIF G, 30/88 KW,FU 40 % FP 97 %	1 ÉTAGE DE 18 000 PI <sup>2</sup> ET 1 SOUS-SOL DE 1 000 PI <sup>2</sup>	0	0	128 000 KWH	0,083/KWH
Centre Multifonctionnel	280, ch. du Bassin HÁVRE-AUBERT	ÉLECTRIQUE AVEC PLINTHES ET AÉROTHERMES	TARIF G, 52/110 KW,FU 50 % FP 99 %	1 ÉTAGE TOTALISANT 20 000 PI <sup>2</sup>	1 800 PI <sup>2</sup> PAR UNE UNITÉE DE TOIT	1 000	218 000 KWH	0,079/KWH
Capitole de l'Est	214, route 199 GRANDE- ENTRÉE	ÉLECTRIQUE AVEC PLINTHES	TARIF G, 15/54 KW,FU 35 % FP 99 %	2 ÉTAGES TOTALISANT 9 000 PI <sup>2</sup>	0	0	54 000 KWH	0,084/KWH
Entrepôt municipal	214, route 200 GRANDE- ENTRÉE	ÉLECTRIQUE AVEC 1 PLINTHE POUR BUREAU GARAGE NON CHAUFFÉ	TARIF G, 9 000 \$/AN 107 00 KWH/AN	50 PI <sup>2</sup>	0	0	-	-
Complexe scolaire- municipale (Piscine régionale)	15, ch. de la Piscine ÉTANG-DU- NORD	HUILE AVEC 1 FOURNAISE À AIR CHAUD, CHAUFFAGE EAU PISCINE AUSSI	ÉLECTRICITÉ PAYÉ PAR LA COMMISSION SCOLAIRE (POLYVALENTE)	6 000 PI <sup>2</sup>	0	0		
Bureaux des loisirs et bibliothèque	1589, ch. de L'Étang-du-Nord, ÉTANG-DU- NORD	ÉLECTRIQUE AVEC PLINTHES ET CONVECTAIRS	TARIF G, 5 484 \$/AN 61 140 KWH/AN	2 ÉTAGES TOTALISANT 7 000 PI <sup>2</sup>	0	0	30 000 KWH	0,09/KWH
Aréna Wendell Chiasson	195, ch. Principal CAP-AUX- MEULES	ÉLECTRIQUE AVEC PLINTHES ET AÉROTHERMES - IL Y A DES BESOINS POUR CHAUFFAGE DE L'EAU DES DOUCHES ET POUR LA GLACE	TARIF G, 6/121 KW,FU 40 % FP 93 %, COMPEUR PRINC	1 ÉTAGE TOTALISANT 4 200 PI <sup>2</sup>	0	0	15 000 KWH	0,084/KWH
Colisée Albin Aucoin (aréna)	395, ch. de l'Hôpital FATIMA	HUILE AVEC UNE FOURNAISE À EAU CHAUDE ET PLINTHES + AÉROTHERMES ÉLECTRIQUE IL Y A DES BESOINS POUR CHAUFFAGE DE L'EAU DES DOUCHES ET POUR LA GLACE	TARIF M, 76/222 KW,FU 35 % FP 90 %	6 400 P <sup>2</sup> À L'HUILE ET 1 800 P <sup>2</sup> À L'ÉLECTRICITÉ	0	0	23 312 LITRES	0,089/KWH et 0,462 \$/L

Tableau 2 : Édifices municipaux - Synthèse des données recueillies (suite)

BÂTIMENT	ADRESSE/ VILLAGE	CHAUFFAGE	ÉLECTRICITÉ	SUPERFICIE CHAUFFÉE	SUPERFICIE CLIMATISÉE	KWH DE CLIMATISATION	KWH ou LITRE DE CHAUFFAGE	COÛT MOYEN DU KWH ou LITRE AVANT TAXES
Salle municipale	711, ch. Des Caps FATIMA	HUILE AIR CHAUD AVEC DISTRIBUTION D'AIR PAR CONDUITS	TARIF G, 6 200 \$/AN 68 000 KWH/AN	2 ÉTAGES TOTALISANT 24 000 P <sup>2</sup>	0	0		0,09/KWH
Ancienne école Marguerite d'Youville	315 ch. Principal, CAP-AUX- MEULES	HUILE, SYST.- EAU- CHAUDE	MANQUE FACTURES HQ	2 ÉTAGES TOTALISANT 21 000 P <sup>2</sup>	0	0		0,079/KWH
Garage	172, ch. De l'Hôpital FATIMA	HUILE AVEC 2 FOURNAISES À AIR CHAUD (1 À CHAQUE EXTRÉMITÉ)SANS CONDUITS DE DISTRIBUTION	TARIF G, 2 600 \$/AN 27 500 KWH/AN	1 ÉTAGE TOTALISANT 2 400 P <sup>2</sup>	0	0	18 300 LITRES	0,094/KWH et 0,457 \$/L
Garage	32, ch. Marcoux, ÉTANG-DU- NORD	HUILE AVEC 2 FOURNAISES À AIR CHAUD (1 À CHAQUE EXTRÉMITÉ)SANS CONDUITS DE DISTRIBUTION	TARIF G, 2 870 \$/AN 30 500 KWH/AN	1 ÉTAGE TOTALISANT 5 400 P <sup>2</sup>	0	0	15781 LITRES	0,094/KWH 0,437/L
Garage	690, Route 199, HÂVRE-AUX- MAISONS	HUILE AIR CHAUD SANS CONDUITS DE DISTRIBUTION D'AIR	TARIF G, 3 000 \$/AN 32 000 KWH/AN	1 ÉTAGE TOTALISANT 4 250 P <sup>2</sup>	0	0	16732 LITRES	0,094/KWH et 0,49 \$/L
Garage	391, ch du Bassin HÂVRE-AUBERT	HUILE AIR CHAUD SANS CONDUITS DE DISTRIBUTION D'AIR	TARIF G, 2 800 \$/AN 29 800 KWH/AN	1 ÉTAGE TOTALISANT 4 250 P <sup>2</sup>	0	0	11 168 LITRES	0,094/KWH et 0,436 \$/L
Caserne des pompiers	290, ch. de Gros- Cap CAP-AUX- MEULES	ÉLECTRIQUE AVEC 6 AÉROTHERMES	TARIF G, 13/38 KW,FU 24 % FP 99 %	1 ÉTAGE TOTALISANT 6 300 P <sup>2</sup> (70'X 90')	0	0	40 000 KWH	0,079/KWH
Caserne des pompiers	004, ch Errol, GROSSE-ÎLES	ÉLECTRIQUE AVEC 4 AÉROTHERMES	TARIF G, 5 800 \$/AN 64 400 KWH/AN	1 ÉTAGE TOTALISANT 3 600 P <sup>2</sup> (60'X 60')	0	0	50 000 KWH	0,090/KWH
Caserne des pompiers	389, cu du Bassin, HÂVRE-AUBERT	ÉLECTRIQUE AVEC 5 AÉROTHERMES	TARIF G, 3 300 \$/AN 36 000 KWH/AN	1 ÉTAGE TOTALISANT 2 100 P <sup>2</sup> (40'X 52')	0	0	25 000 KWH	0,093/KWH
Centre de traitement des déchets	1300 Route 199, HAVRE-AUX- MAISONS	HUILE AVEC UNE FOURNAISE À AIR CHAUD DE 235 000 BTU/H ET 2 AÉROTHERMES ÉLECTRIQUES DE 10 KW	TARIF M, 100/350 KW, FU 65 % FP 90 %	1 SECTION INCINÉRATEUR CHAUFFÉE À L'HUILE ET LA SALLE DES TRILLEURS DE 11 000 P <sup>3</sup> CHAUFFÉ ÉLECTRIQUE	225 P <sup>2</sup>	NÉGLIGEABLE	5 000 LITRES et 9 500 KWH	0,093/KWH et 0,419 \$/L
Bureau municipal (fermé insalubrité)	246, ch. Principal GROSSE-ÎLES	ÉLECTRIQUE AVEC PLINTHES	TARIF G, 6 000 \$/AN, 65 000 KWH/AN	2 ÉTAGES TOTALISANT 3 600 P <sup>2</sup>	0	0	30 000 KWH	0,072/KWH

### 4.3.2 Climat aux Îles-de-la-Madeleine

Le relevé des degrés-jours de chauffe des années 2002 à 2004 nous donne 4 690 degrés-jours sur la base de 18 °C (source : Environnement Canada, Îles-de-la-Madeleine, Latitude 47° 25 'Nord - Longitude 61° 46' Ouest - Climat 7053KRG). La normale à Dorval est de 4 575 degrés-jours. Par contre, les écarts de température sont moins importants et la saison de chauffage est plus longue.

Cette situation particulière permet de limiter la capacité installée en géothermie et de compléter la puissance requise de chauffage par des serpentins électriques. Pour les édifices municipaux étudiés, la capacité géothermique installée sera limitée à 80 % de la capacité maximum requise de chauffage ce qui permet d'obtenir des projets moins onéreux.

### 4.3.3 Particularités technologiques liées aux Îles-de-la-Madeleine

Compte tenu des caractéristiques énergétiques présentées au tableau 2, des caractéristiques hydrogéologiques de l'archipel dont, entre autres, la profondeur de la nappe phréatique ainsi que pour des raisons économiques, seuls les systèmes géothermiques à boucle ouverte et à boucle fermée verticale ont été retenus pour les fins d'analyses de cette étude.

Par ailleurs :

- ü Les deux systèmes géothermiques retenus pour l'évaluation économique ne prévoient pas la production de froid car les besoins en climatisation sont faibles alors que les coûts ajoutés pour l'achat des équipements nécessaires à cette option défavoriseraient grandement l'analyse économique des divers projets.
- ü Pour certains édifices, des coûts supplémentaires ont été prévus pour ajouter des calorifères car les pompes à chaleur disponibles sur le marché chauffe l'eau aux environs de 120 °F alors que les systèmes de distribution traditionnels opèrent aux environs de 180 °F.

Les besoins énergétiques par édifice (voir tableau 3) ainsi que le débit requis (L/s) provenant des aquifères sous-jacents à ces édifices ont été évalués sur la base des caractéristiques physiques des édifices municipaux, de la description des systèmes de chauffage actuellement installés et de la consommation annuelle d'énergie pour le chauffage (factures d'électricité et d'huile). À partir de ces données, la capacité maximale requise en chauffage a été déterminée. Ces données sont recensées au tableau 3.

Selon les dires d'un manufacturier de pompes à chaleur, pour une température de 6,5 °C, un débit d'environ 3 usgpm par 12 000 BTU/h de capacité est requis. Pour l'évaluation du débit requis au Centre civique :

$$\text{Débit requis} = \frac{400\,000 \text{ BTU/h} \times 3 \text{ usgpm} \times 3,785 \text{ l/usgpm}}{12\,000 \text{ BTU/h} \times 60 \text{ s/m}} = 6,3 \text{ l/s}$$

Le besoin géothermique correspondant à 80% du besoin global a été retenu afin de rentabiliser au maximum l'investissement lié à l'implantation d'un système géothermique. Les besoins énergétiques requis par période de grand froid seront comblés par un serpentin électrique contrôlé par triac.

L'entrepôt municipal de Grande-Entrée, de faible dimension, a été éliminé de la liste officielle (voir annexe 1) car l'installation d'un système géothermique a été à l'évidence jugée non rentable.

#### **4.3.4 Technologie de génération mixte d'électricité**

La génération mixte d'électricité ou couramment appelée co-génération consiste à produire de l'électricité avec une turbine ou un moteur à partir d'un combustible fossile. En cycle simple, la chaleur peut être récupérée pour produire de la vapeur qui sera utilisée à des fins industrielles ou de chauffage. En cycle combiné, la chaleur est récupérée pour produire de la vapeur qui est ensuite acheminée à une deuxième turbine à vapeur pour produire à nouveau de l'électricité.

Cette technologie s'adresse aux grandes industries et/ou à Hydro-Québec. À cet effet Hydro-Québec a demandé des appels d'offre publiques pour certaines papetières québécoises ou industries qui peuvent utiliser de la vapeur pour leurs procédés.

Cette technologie n'est donc pas applicable aux édifices municipaux des Îles-de-la-Madeleine en raison du peu de consommation d'énergie et de rentabilité de tels projets.

**Tableau 3 : Besoins énergétiques par édifice municipal**

BÂTIMENT	ADRESSE/VILLAGE	BESOIN BTU/H	BESOIN GÉOTHERMIE BTU/H	DÉBIT REQUIS LITRE/SECONDE
Centre Civique (Mairie)	460, ch. Principal, CAP -AUX-MEULES	500 000	400 000	6,3
Maison de la Culture	37, ch. Central HAVRE-AUX-MAISONS	500 000	400 000	6,3
Complexe municipal (aréna)	33, ch. des Marais HAVRE-AUX-MAISONS	300 000	230 000	3,6
Centre récréatif de L'Étang-du-Nord	1349, ch. de L'Étang-du-Nord ÉTANG-DU-NORD	375 000	300 000	4,7
Centre Multifonctionnel	280, ch. du Bassin HÂVRE-AUBERT	640 000	500 000	7,9
Capitole de l'Est	214, route 199 GRANDE-ENTRÉE	160 000	128 000	2,0
Entrepôt municipal	214, route 200 GRANDE-ENTRÉE	-	-	-
Complexe scolaire municipale (Piscine régionale)	15, ch. de la Piscine ÉTANG-DU-NORD	600 000	500 000	7,9
Bureaux des loisirs et bibliothèque	1589, ch. de L'Étang-du-Nord ÉTANG-DU-NORD	40 000	30 000	0,5
Aréna Wendell Chiasson	195, ch. Principal CAP-AUX-MEULES	20 000	15 000	0,2
Colisée Albin Aucoin (aréna)	395, ch. de l'Hôpital FATIMA	600 000	450 000	7,1
Salle municipale	711, ch. Des Caps FATIMA	350 000	280 000	4,4
Ancienne école Marguerite d'Youville	315 ch. Principal CAP-AUX-MEULES	500 000	400 000	6,3
Garage	172, ch. De l'Hôpital FATIMA	500 000	300 000	4,7
Garage	32, ch. Marcoux ÉTANG-DU-NORD	375 000	300 000	4,7
Garage	690, Route 199 HÂVRE-AUX-MAISONS	400 000	300 000	4,7
Garage	391, ch du Bassin HÂVRE-AUBERT	300 000	250 000	3,9
Caserne des pompiers	290, ch. de Gros-Cap CAP-AUX-MEULES	125 000	100 000	1,6
Caserne des pompiers	004, ch Errol GROSSE-ÎLES	100 000	80 000	1,3
Caserne des pompiers	389, cu du Bassin HÂVRE-AUBERT	65 000	50 000	0,8
Centre de traitement des déchets	1300 Route 199 HAVRE-AUX-MAISONS	150 000	120 000	1,9



## 5 ANALYSE DE LA FAISABILITÉ ÉCONOMIQUE

Deux sources de subvention applicables à des systèmes géothermiques ont été considérées dans l'analyse qui suit :

- ü Subvention d'Hydro-Québec
- ü Subvention de l'Office de l'Efficacité Énergétique (OEE)

Toutefois, avant de procéder à l'estimé des subventions disponibles par projet via ces sources de subvention et selon leurs conditions d'application (voir section 5.1 et 5.2), un calcul détaillé des économies par édifice a été effectué en considérant :

- ü un coût du litre d'huile no. 2 à 0,42 \$ avant taxes,
- ü les coûts électriques moyens payés en 2003-2004.

Le coût du litre d'huile est le coût moyen payé en 2003-2004 aux Îles-de-la-Madeleine. On pourra remarquer que pour les bâtiments qui chauffent à l'huile, un prix du litre aux environs de 1,00 \$ avant taxes serait nécessaire pour justifier économiquement l'installation de systèmes géothermiques.

L'annexe 3 fournit les calculs effectués dans le cadre de l'estimé de ces économies par édifice.

### 5.1 SUBVENTION D'HYDRO-QUÉBEC

Depuis janvier 2004, Hydro-Québec subventionne les projets d'économie d'énergie pour les bâtiments offrant des économies minimums de 10 000 kWh par année. L'appui financier possible d'Hydro-Québec est le moindre de :

- ü 500 000 \$ par Bâtiment
- ü 40 % des coûts totaux des mesures applicables
- ü la somme basée sur les kWh économisés en fonction du taux d'amélioration de la performance du bâtiment :
  - Ø Jusqu'à 10 % : 0,10 \$/kWh économisé
  - Ø De 10 à 25 % : 0,30 \$/kWh économisé
  - Ø Plus de 25 % : 0,55 \$/kWh économisé.

Par contre, pour les calculs des kWh économisés, l'amélioration de la performance du bâtiment tient compte de la consommation d'énergie d'un bâtiment de référence ayant une performance énergétique supérieure à ceux étudiés. Les calculs détaillés des subventions disponibles d'Hydro-Québec et par édifice sont montrés à l'annexe 4.

## 5.2 SUBVENTION DE L'OFFICE DE L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE (OEE)

L'OEE subventionne également les projets d'économie d'énergie. L'appui financier pour l'option proposée sera le moindre de :

- ü 250 000 \$ par Bâtiment
- ü 25 % des coûts totaux des mesures applicables
- ü 7,50 \$/GJ économisé

Les calculs détaillés des subventions disponibles de l'Office de l'Efficacité Énergétique (OEE) et par édifice sont montrés à l'annexe 4.

## 5.3 ANALYSE DES COÛTS PAR EDIFICE MUNICIPAL

Le tableau 4 regroupe par édifice :

- ü L'économie annuelle avec taxes selon les estimés et sous les hypothèses avancées à l'annexe 3,
- ü L'économie énergétique selon les calculs effectués et sous les hypothèses avancées à l'annexe 4,
- ü Les estimés des subventions – Hydro-Québec ou Office de l'Efficacité énergétique (OEE) – tels que calculés à l'annexe 4,
- ü Les estimés des coûts d'implantation d'un système géothermique – à boucle fermée et à boucle ouverte – tels que calculés à l'annexe 5.

Le retour sur investissement a été calculé de façon simple et ne tient pas compte des critères suivants :

- ü Évolution des coûts d'énergie
- ü Taux de financement du projet
- ü Valeur ajoutée au bâtiment
- ü Diminution des coûts de maintenance
- ü Impact fiscal d'un tel projet pour la municipalité

$$\text{Retour sur investissement} = \frac{\text{Coût du projet} - \text{Subventions}}{\text{Économie annuelle en énergie}}$$

Le tableau 4 montre le retour sur investissement par édifice concerné. Le critère décisionnel par rapport à la faisabilité de projets éco-énergétiques incluant les systèmes géothermiques implantés dans les municipalités est le constat après analyse économique d'un retour sur investissement avec financement de l'ordre de 10 ans. Or, de l'examen du tableau 4, on constate que seuls quatre (4) édifices municipaux dont le mode principal de chauffage est électrique rencontrent de façon marginale ce critère. Ainsi, selon le système géothermique concerné et sur la base du seul critère économique basé sur le retour sur investissement avant financement :

- Û **Système à boucle fermée** : seul l'aréna Wendell Chiasson rencontre le critère avec toutefois des économies annuelles (\$) et énergétique (KWH) de faible importance,
- Û **Système à boucle ouverte** : quatre (4) édifices rencontrent le critère tout en restant marginaux, soit le Centre récréatif de l'Étang-du-Nord, le Centre multifonctionnel de Havre-Aubert, l'aréna Wendell Chiasson et la caserne de Cap-aux-Meules.

Pour les quatre édifices municipaux rencontrant le critère économique lorsque desservis par des systèmes à boucle ouverte, seuls les centres de l'Étang-du-Nord et de Havre-Aubert représenteraient un intérêt marginal. Ce constat est en fonction des conditions d'acceptation des subventions HQ ou OEE énumérées aux sections 5.1 et 5.2

Considérant la rentabilité marginale de l'utilisation de la géothermie de ces quatre édifices municipaux, il a été jugé inopportun d'entreprendre des démarches pour le financement de tels projets. Ainsi, les renseignements requis par le FHMV portant notamment sur le financement et sur la mise en œuvre pour l'option privilégiée de même que les avantages environnementaux escomptés de l'option privilégiée ne sont plus applicables.

Toutefois, si la municipalité retenait que l'implantation d'un système géothermique à boucle ouverte malgré la faible rentabilité entrevue dans le cadre de cette étude de faisabilité sur l'un ou l'autre des édifices municipaux rencontrant le critère économique (voir tableau 4), il faudrait que le ou les bâtiments soient analysés en détail via un appel d'offres avec des entreprises éco-énergétiques. Ces entreprises pourraient alors soumettre à la municipalité une proposition de projet avec garantie de performance et d'économie. Dans la même foulée, la municipalité pourrait tenter de négocier des conditions de financement particulières, plus avantageuses, auprès des organismes subventionnaires dans la mesure où le coût unitaire de production d'un KW/h aux Îles-de-la-Madeleine est nettement supérieur à celui produit à partir de centrales hydro-électriques et que le gain environnemental soit conséquent. En effet, si nous prenons l'exemple du Centre Multifonctionnel de Havre-Aubert :

- Û Coût de production (pour HQ) du kWh aux Îles (seulement pour les combustibles) : 0,10 \$/kWh ;
- Û Coût vendant du kWh : 0,079/kWh
- Û Économie de kWh avec le projet de géothermie : 155 714 kWh/an
- Û Économie annuelle pour HQ : 3 270 \$
- Û Économie sur 10 ans par HQ : 32 700 \$

Ce dernier montant est l'économie liée à une énergie non produite qui, autrement, est produite à perte aux Îles-de-la-Madeleine. Si ce montant (32 700\$) est ajouté à la subvention HQ (36 230 \$) une subvention potentielle en provenance de HQ serait de l'ordre de 69 000 \$. En y ajoutant la subvention de l'OEE, la contribution financière totale au projet serait de l'ordre de 73 000 \$.

En appliquant la formule d'appréciation du retour sur investissement décrite ci-dessus, le retour sur investissement serait selon le système concerné :

$$\text{Boucle fermée} = \frac{242\,000 \$ - 73\,000 \$}{13\,625 \$} = 12,4 \text{ ans}$$

$$\text{Boucle ouverte} = \frac{153\,000 \$ - 73\,000 \$}{13\,625 \$} = 5,9 \text{ ans}$$

**Tableau 4 : Économie, subventions et retour sur investissement des systèmes géothermiques à boucle fermée et à boucle ouverte**

BÂTIMENT	ÉCONOMIE ANNUELLE AVEC TAXES	ÉCONOMIE DE KWH (GJ)	SUBVENTION HQ ESTIMÉE	SUBVENTION OEE ESTIMÉE	COÛT ESTIMÉ PROJET BOUCLE FERMÉE	RETOUR SUR INVEST. (ANS)	COÛT ESTIMÉ PROJET BOUCLE OUVERTE	RETOUR SUR INVEST. (ANS)
Centre Civique Cap-aux-Meules	5 258 \$	(438)	0 \$	3 285 \$	210 000 \$	39,3	131 000 \$	24,3
Maison Culture H.-aux-Maisons	5 147 \$	12850 (381)	642 \$	3 499 \$	210 000 \$	40,0	131 000 \$	24,6
Aréna H.-aux-Maisons	3 568 \$	19286 (252)	964 \$	1 890 \$	100 000 \$	27,2	63 000 \$	16,9
Centre récréatif Étang-du-Nord	8 411 \$	91429 (329)	21 343 \$	2 467 \$	151 000 \$	15,1	104 000 \$	9,5
Centre Multif. Håvre-Aubert	13 625 \$	155 714 (561)	36 230 \$	4 207 \$	242 000 \$	14,8	153 000 \$	8,3
Capitole de l'Est Grande-Entrée	3 375 \$	38571 (138)	7 935 \$	1 035 \$	65 000 \$	16,6	51 000 \$	12,5
Entrepôt Grande-Entrée	-	-	-	-	-	-	-	-
Piscine Étang-du-Nord	10 275 \$	(954)	0 \$	7 155 \$	225 000 \$	21,2	142 000 \$	13,1
Loisirs et bibliothèque Étang-du-Nord	2 083 \$	21429 (77)	4 289 \$	577 \$	27 000 \$	10,6	27 000 \$	10,6
Aréna Wendell Chiasson	2 160 \$	10714 (39)	536 \$	292 \$	20 000 \$	8,9	20 000 \$	8,9
Aréna Fatima	4 977 \$	(487)	0 \$	3 562 \$	185 000 \$	36,5	110 000 \$	21,4
Salle municipale Fatima	3 039 \$	(292)	0 \$	2 190 \$	108 000 \$	34,8	67 000 \$	21,3
Ancienne école M. d'Youville Cap-aux-Meules	4 952 \$	(404)	0 \$	3 030 \$	184 000 \$	36,5	105 000 \$	20,6
Garage Fatima	3 501 \$	(382)	0 \$	2 865 \$	117 000 \$	32,6	70 000 \$	19,2
Garage Étang du Nord	3 425 \$	(329)	0 \$	2 467 \$	117 000 \$	33,4	70 000 \$	19,7
Garage Håvre-aux-Maisons	3 631 \$	(349)	0 \$	2 617 \$	117 000 \$	31,5	70 000 \$	18,6
Garage Håvre-Aubert	2 424 \$	(234)	0 \$	1 755 \$	85 000 \$	34,3	52 000 \$	20,7
Caserne Cap-aux-Meules	2 437 \$	28571 (103)	6 745 \$	802 \$	41 000 \$	13,7	30 000 \$	9,2
Caserne Grosse-île	2 083 \$	21429 (77)	5 190 \$	577 \$	41 000 \$	16,9	30 000 \$	11,6
Caserne Håvre-Aubert	1 286 \$	12857 (46)	3 126 \$	345 \$	23 000 \$	15,2	23 000 \$	15,2
Trait. des déchets Håvre-aux-Maisons	1 787 \$	6786 (128)	0 \$	960 \$	48 000 \$	26,3	34 000 \$	18,5
Bureau mun. Grosse-île	1 393 \$	17857 (64)	3 520 \$	480 \$	50 000 \$	33,0	46 000 \$	30,2

Subventions sujettes à approbation par HQ et par l'OEE

## 6 GAIN ENVIRONNEMENTAL

Malgré la rentabilité marginale de l'utilisation de la géothermie appliquée aux édifices municipaux des Îles-de-la-Madeleine, l'impact environnemental de l'implantation d'un système géothermique au Centre Multifonctionnel de Havre-Aubert a été évalué notamment en terme de réduction de gaz à effet de serre (GES). La vapeur d'eau (H<sub>2</sub>O), le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), le méthane (CH<sub>4</sub>), les oxydes d'azote (N<sub>2</sub>) et l'ozone (O<sub>3</sub>) sont les principaux gaz à effet de serre de l'atmosphère terrestre. Pour l'évaluation de cet impact, les paramètres suivants (Voir références) ont été utilisés pour déterminer l'impact environnemental en terme de réduction de gaz à effet de serres (GES) :

- ü Économie de kWh : 155 714 kWh
- ü 96 % de la production de kWh est avec de d'huile 6 (centrale des Îles)
- ü 4 % de la production de kWh est avec de d'huile 2 (centrale des Îles)
- ü Efficacité de la centrale des Îles : 37,4 %
- ü Émission de SO<sub>2</sub> (pluies acides) : 30.670 kg/Tj d'huile 2
- ü Émission de SO<sub>2</sub> (pluies acides) : 853,43 kg/Tj d'huile 6
- ü Émission de NO<sub>x</sub> (pluies acides) : 63.690 kg/Tj d'huile 2
- ü Émission de NO<sub>x</sub> (pluies acides) : 161.370 kg/Tj d'huile 6
- ü Émission de CO<sub>2</sub> (gaz à effet de serre) : 2 830 gr/litre d'huile 2
- ü Émission de CO<sub>2</sub> (gaz à effet de serre) : 3 090 gr/litre d'huile 6
- ü Émission de CH<sub>4</sub> (gaz à effet de serre) : 0.006 gr/litre d'huile 2
- ü Émission de CH<sub>4</sub> (gaz à effet de serre) : 0.06 gr/litre d'huile 6
- ü Émission de N<sub>2</sub>O (gaz à effet de serre) : 0.013 gr/litre d'huile 2
- ü Émission de N<sub>2</sub>O (gaz à effet de serre) : 0.013 gr/litre d'huile 6

**Tableau 5 : Réduction des gaz à effet de serre (GES) suite à l'implantation d'un système géothermique au Centre multifonctionnel de Havre-Aubert**

IMPACT ENVIRONNEMENTAL ANNUEL	
UNITÉ	IMPACT PROJET GÉOTHERMIE
KWh	-155 714
LITRE D'HUILE 2 ÉQUIVALENT	-1 538
LITRE D'HUILE 6 ÉQUIVALENT	-33 981
CO <sub>2</sub> (GES) (TONNE MÉTRIQUE)	-109,4
CH <sub>4</sub> (GES) (kg)	-2,0
N <sub>2</sub> O (GES) (kg)	-0,5
SO <sub>2</sub> (PLUIES ACIDES) (kg)	-1 230,0
NO <sub>x</sub> (PLUIES ACIDES) (kg)	-236,0

Le tableau 5 regroupe les réductions estimées de gaz à effet de serre (GES suite à l'implantation d'un système géothermique au Centre multifonctionnel de Havre-Aubert, l'édifice municipal présentant le meilleur retour sur investissement (voir tableau 4) suite à l'implantation d'un système géothermique à boucle ouverte. Pour un tel projet, l'impact environnemental serait une réduction de 109,4 tonnes métriques de CO<sub>2</sub> (GES).

## **7 CONCLUSIONS**

### **7.1 POTENTIEL HYDROGÉOTHERMIQUE DES AQUIFÈRES DES ÎLES-DE-LA-MADELEINE**

La modélisation mathématique du transfert de chaleur au sein des aquifères des Îles-de-la-Madeleine a permis de montrer qu'il est possible de soutirer une importante quantité d'énergie pour des besoins de chauffage et de climatisation à partir de trois dispositifs géothermiques à boucle ouverte : le doublet de forages puits de pompage / puits de rejet, le doublet de forages à balayage et le doublet de forages puits chaud / puits froid.

Le système géothermique à doublet de forage puits de pompage / puits d'injection, s'il est dimensionné de façon optimale est capable de fournir d'importants volumes d'eau à température constante (température de la nappe), avec un rendement maximal permanent. Ce dispositif est intéressant lorsque le contexte climatique ne rend pas pertinent la mise en place d'un système de climatisation estivale.

Par ailleurs, les caractéristiques hydrogéologiques des aquifères rendent également possible un important stockage énergétique. A cet effet, le doublet de forage puits chaud / puits froid est bien mieux adapté que le doublet à balayage du fait des faibles gradients hydrauliques régionaux observés. Ces systèmes sont intéressants lorsque le contexte climatique justifie l'utilisation de la climatisation en période estivale.

Dans tous les cas, le système doit être optimisé par dimensionnement de la distance inter-puits à partir des débits et températures recherchés, eux-mêmes choisis en fonction de la demande énergétique des installations chauffées et climatisées à l'énergie hydrogéothermique.

Les simulations présentées ont été réalisées pour les formations aquifères développées dans les grès du Membre de l'Étang-des-Caps. Les résultats obtenus sont pour la plupart transposables au grès du Membre de l'Étang-du-Nord, dont les surfaces d'affleurement sont importantes à l'Ouest de l'Île-du-Cap-aux-Meules et à Grosse-Île. En effet, malgré ses transmissivités plus faibles induisant des gradients hydrauliques plus élevés, les propriétés hydrogéothermiques de cette formation sont peu différentes de celles des grès du Membre de l'Étang-des-Caps. Dans tous les cas, une caractérisation locale des propriétés réelles du matériel gréseux devrait être réalisée pour l'optimisation d'un dispositif particulier, qu'il soit implanté dans une formation gréseuse ou dans l'autre.

### **7.2 FAISABILITÉ ÉCONOMIQUE**

Sur la base des considérations technologiques et de l'analyse économique effectuée à partir de deux sources de subvention potentielle, soit celles d'Hydro-Québec et de l'Office de l'Efficacité Énergétique (OEE), il s'avère que l'installation de systèmes géothermiques aux Îles-de-la-Madeleine n'est pas rentable ou marginale eu égard aux édifices municipaux concernés par ce document.

De façon générale, le critère décisionnel par rapport à la faisabilité de projets éco-énergétiques incluant les systèmes géothermiques implantés dans les municipalités est le constat après analyse économique d'un retour sur investissement avec financement de l'ordre de 10 ans. Or, selon le système géothermique concerné et sur la base du seul critère économique basé sur le retour sur investissement avant financement, les édifices municipaux montrant une rentabilité marginale sont pour le :

- Û **Système à boucle fermée** : l'aréna Wendell Chiasson rencontre le critère avec toutefois des économies annuelles (\$) et énergétique (KWH) de faible importance,
- Û **Système à boucle ouverte** : quatre (4) édifices rencontrent le critère, soit le Centre récréatif de l'Étang-du-Nord, le Centre multifonctionnel de Havre-Aubert, l'aréna Wendell Chiasson et la caserne de Cap-aux-Meules.

Pour les quatre édifices municipaux rencontrant le critère économique lorsque desservis par des systèmes à boucle ouverte, seuls les centres de l'Étang-du-Nord et de Havre-Aubert représenteraient un intérêt marginal. Ce constat est en fonction des conditions d'acceptation des subventions HQ ou OEE énumérées aux sections 5.1 et 5.2.

Toutefois, si la municipalité retenait, entre autres, pour des raisons environnementales et/ou de remplacement des systèmes actuels de chauffage que l'implantation d'un système géothermique à boucle ouverte malgré la faible rentabilité entrevue dans le cadre de cette étude de faisabilité était un choix stratégique, il faudrait que le ou les bâtiments soient analysés en détail via un appel d'offres par des entreprises spécialisées. Ces entreprises pourraient alors soumettre à la municipalité une proposition de projet avec garantie de performance et d'économie.

Dans le cas d'un coût de production plus élevé du KWH par Hydro-Québec, il pourrait s'avérer pertinent de négocier avec Hydro-Québec de nouveaux critères de subventions pour le remplacement d'un système de chauffage – climatisation. En effet, une simple remise en perspective de l'économie énergétique d'Hydro-Québec eu égard aux prix du KWH produit aux Îles-de-la-Madeleine, ajoutée aux subventions actuellement disponibles permettrait d'obtenir, par exemple, un retour sur investissement de 5,9 ans pour le Centre Multifonctionnel de Havre-Aubert.

Pour un tel cas, Madelin'Eau recommanderait :

- Û une caractérisation locale des propriétés réelles du matériel gréseux pour l'optimisation d'un dispositif particulier,
- Û l'intervention d'une entreprise éco-énergétique qui soumettrait à la municipalité une proposition de projet d'implantation d'un système géothermique avec garantie de performance et d'économie.



## 8 RÉFÉRENCES

1. Groupe Madelin'Eau, Septembre 2001 – Fonds d'habilitation municipal vert (FHMV) – Demande de financement pour l'utilisation de la géothermie dans les édifices municipaux
2. Groupe Madelin'Eau, Version révisée et complétée de décembre 2004 - Gestion des eaux souterraines aux Îles-de-la-Madeleine - Un défi de développement durable - présenté à la Municipalité des Îles-de-la-Madeleine par AGÉOS : Denis Richard, Brossard, Québec, Envir'Eau Puits : Renald McCormack, Saint-Nicolas, Québec, HYDRIAD : Olivier Banton et Jean-Christophe Comte, Québec, Québec, dans le cadre d'un financement provenant du Fonds d'action québécois pour le développement durable (FAQDD), Conseil Régional de Concertation et de Développement - Gaspésie - Les Îles, Fonds d'Habilitation Municipal Vert (FCM-FHMV)
  - ü Rapport final - Document No 1 - Méthodologie de l'étude
  - ü Rapport final - Document No 2 (Île Centrale) - Partie A : Secteur Etang-du-Nord – Cap-aux-Meules et Partie B : Secteur de Fatima
  - ü Rapport final - Document No 3 (archipel hors Île Centrale) - Partie A : Île de Havre-Aubert, Partie B : Île de Havre-aux-Maisons, Partie C : Île de la Grande-Entrée, Partie D : Île de Grosse-Île, Partie E : Île d'Entrée, Partie F : Île de Pointe-aux-Loups
3. LTEE, 1999 – Nappes phréatiques et coupes verticales : régions d'intérêt au Québec pour la géothermie, V. Minea, Shawinigan – LTEE-RT-0166-1999
4. Brisebois, D., 1981. Lithostratigraphie des strates permo-carbonifères de l'archipel des Îles-de-la-Madeleine, Ministère de l'énergie et des ressources, Direction générale des énergies conventionnelles, Service de l'exploration, DPV-796.
5. Chevalier, S., Gauthier, J. et Banton, O., 1997. Evaluation du potentiel géothermique des nappes aquifères avec stockage thermique : revue de littérature et application en deux contextes typiques du Québec. Can. J. Civ. Eng. 24 : 611-620
6. Gauthier, J., 1993. Modélisation du transport de chaleur en milieu poreux. Application à un système de pompage géothermique avec stockage d'énergie en en aquifère. Mémoire de Maîtrise. INRS-Eau. Université du Québec.
7. Groupe Madelin'Eau, mars 2003. Gestion des eaux souterraines aux îles-de-la-Madeleine - Un défi de développement durable - Rapport d'étape no 1 couvrant la période d'avril 2002 à mars 2003, pour le compte de la Municipalité des Îles-de-la-Madeleine
8. Groupe Madelin'Eau, décembre 2004. Gestion des eaux souterraines aux îles-de-la-Madeleine - Un défi de développement durable - Rapport final. Document no 1 : Méthodologie de l'étude ; Document no 2 : Activités et résultats concernant l'Île-du-Cap-aux-Meules ; Document no 3 : Activités et résultats concernant les autres îles habitées de l'archipel.

9. Groupe Madelin'Eau, décembre 2004. Evaluation de la capacité support des ressources en eau souterraine pour fin d'alimentation en eau potable – Île de La Grande-Entrée – Îles-de-la-Madeleine – Québec. Présenté à la Municipalité des Îles-de-la-Madeleine.
10. Howie, R.D., and Barss, M.S., 1975. Upper Paleozoic rocks of the Atlantic provinces, Gulf of St.-Lawrence and adjacent continental shelf. Geological Survey of Canada, Paper 74-30, 2 : 35-50.
11. Leblanc, Y., 1994. Analyse et modélisation numérique de huit puits de production sur l'Île du Cap-aux-Meules, îles-de-la-Madeleine. Essai de maîtrise présenté à Pierre Gélinas et Denis Isabel, Université Laval.
12. Petrie, B., and Pettipas, R., 2004. Temperature conditions in Lobster fishing area 27-33 on the scotian shelf : 1999-2003. Hook, Line and Thinker - The Newsletter of the Fishermen and Scientists Research Society.
13. Poulin, M., 1977. Etude hydrogéologique des Îles de Grosse-Île et de Grande-Entrée, Îles-de-la-Madeleine. Services techniques en eau souterraine inc. (déc. 1977).
14. Sanschagrin, R., 1964. Les Îles-de-la-Madeleine. Rapport géologique 106. Ministère des richesses naturelles du Québec.
15. Sylvestre, M., 1974. A finite element model for salt water upconing and its application to the Madgalen Islands aquifer. Thèse pour M. Sc.. Université de Waterloo.
16. Sylvestre, M., 4 mars 1976. Projet d'études aux Îles-de-la-Madeleine pour réaliser un relevé géophysique auprès des cinq (5) principaux centres de pompage aux îles-de-la-Madeleine afin d'y localiser l'interface eau douce/eau salée.
17. Sylvestre, M. 1979. Carte hydrogéologique des îles de la Madeleine, O-48.
19. Voss, C.I., 1984. SUTRA : A finite-element simulation model for saturated-unsaturated, fluid-density-dependent ground-water flow with energy transport or chemically reactive single-species solute transport. U.S. Geological Survey Water-Resources Investigation Report 84-4369, 409 p.
20. Les systèmes géothermiques commerciaux – Guide de l'acheteur - Ressources naturelles Canada – no cat : M92-251/2002F
21. Refroidissement et pompes à chaleur - Ressources naturelles Canada – no cat : M91-6/11F
22. U.S. Environmental protection Agency – Emission Factors AP 42
23. Environnement Canada - Ecogeste

## Annexe 1

Liste officielle des édifices municipaux d'intérêt géothermique  
Source : Municipalité des Îles-de-la-Madeleine

## Annexe 2

### Description physique des édifices municipaux et de leurs systèmes de chauffage

Les renseignements suivants ont été obtenus du personnel de la Municipalité et ont servis à la présente analyse de faisabilité de l'utilisation de la géothermie.

### **Centre Civique (mairie) - 460 chemin Principal - Cap aux Meules**

- ü Construction 1990
- ü Bâtiment d'environ 164' X 80'
- ü Le rez-de-chaussée à une superficie de 13 000 pi<sup>2</sup>
- ü Le sous-sol a une superficie d'environ 4 000 pi<sup>2</sup>
- ü Volume chauffé : 150 000 pi<sup>3</sup>
- ü Le système de chauffage à l'huile est à l'eau chaude avec des calorifères et un serpent
- ü Il y a deux (2) chaudières à l'huile : Une (1) de 336 000 BTU/h et une (1) de 234 000 BTU/h
- ü Il y plusieurs bureaux et une (1) salle principale communautaire d'environ 60' X 60' X 15'h
- ü La grande salle et les bureaux au rez-de-chaussée sont climatisés par une (1) unité de toit
- ü Aucune plinthe électrique
- ü Un (1) seul compteur électrique

### **Maison de la Culture - 37 chemin Central - Havre-aux-Maisons**

- ü Construction 1950
- ü Bâtiment d'environ 80' X 200'
- ü Il y a environ onze (11) locaux répartis sur un (1) étage
- ü Au 2<sup>ème</sup> étage il y a une salle d'environ 80' X 30' X 8' qui est chauffée par des plinthes électriques
- ü Le rez-de-chaussée a une superficie d'environ 16 000 pi<sup>2</sup>
- ü Volume chauffé à l'huile: 200 000 pi<sup>3</sup>
- ü Volume chauffé à l'électricité: 19 000 pi<sup>3</sup>
- ü Le système de chauffage à l'huile est à l'eau chaude
- ü Il y a une (1) chaudière à l'huile
- ü Le bâtiment est climatisé par une (1) unité de toit
- ü Deux (2) compteurs électriques

### **Aréna Municipal Havre-aux-Maisons - 33 chemin des Marais**

- ü Construction 1980
- ü Bâtiment d'environ 120' X 280'
- ü Le chauffage est partiellement effectué par la récupération de chaleur des compresseurs
- ü Il y a onze (11) pièces qui sont chauffées électriques par des plinthes ou des aérothermes
- ü La superficie chauffée électriquement est d'environ 3 850 pi<sup>2</sup>
- ü Volume chauffé à l'électricité: 35 000 pi<sup>3</sup>

- ü Les besoins en eau chaude pour les douches sont comblés par des chauffe-eau électriques
- ü Les besoins en eau chaude pour la 'Zamboni' sont comblés par des chauffe-eau à l'huile
- ü Le bâtiment n'est pas climatisé
- ü Un (1) compteur électrique

### **Centre récréatif de l'Étang-du-Nord - 1349 chemin de l'Étang-du-Nord**

- ü Construction 1995
- ü Bâtiment d'environ 90' X 200'
- ü Le chauffage est électrique avec des plinthes et des convecteurs
- ü Il y a une (1) grande salle principale de hauteur moyenne de 20'
- ü Il y a une pièce au sous sol de 30' X 40' X 8'
- ü Le bâtiment n'est pas climatisé
- ü Un (1) compteur électrique
- ü S'il y a installation de géothermie, on pourrait chauffer le bâtiment avec une unité de toit

### **Centre Multifonctionnel - 280 chemin du Bassin - Île-du-Havre-Aubert**

- ü Construction 1980
- ü Occupation à l'année
- ü Ce bâtiment regroupe une (1) salle communautaire, un (1) gymnase, une (1) bibliothèque, une (1) salle de quille, une (1) salle de billard et de bureaux municipaux répartis sur deux (2) étages
- ü Le chauffage est électrique avec des plinthes, des convecteurs et des aérothermes
- ü On retrouve environ trente (30) plinthes électriques, dix (10) aérothermes et sept (7) convecteurs
- ü La superficie du bâtiment est d'environ 20 000 pi<sup>2</sup> répartie sur un (1) étage
- ü Volume chauffé : 200 000 pi<sup>3</sup>
- ü Seulement six (6) bureaux municipaux totalisant 1 800 pi<sup>2</sup> sont climatisés par une (1) unité de toit
- ü Un (1) compteur électrique

### **Capitol de l'Est - 214 route 199 - Grande-Entrée**

- ü Construction 1982
- ü Bâtiment d'environ 70' X 130'
- ü Il y a deux (2) grandes salles au sous-sol totalisant une superficie de 9 100 pi<sup>2</sup>
- ü Il y a six (6) pièces au rez-de-chaussée totalisant une superficie de 9 100 pi<sup>2</sup>
- ü Volume chauffé : 180 000 pi<sup>3</sup>
- ü Le système de chauffage à l'électricité avec plinthes
- ü Le bâtiment n'est pas climatisé
- ü Un (1) seul compteur électrique

### **Entrepôt Municipal - 214 route 200 - Grande-Entrée**

- ü Construction 1985
- ü Bâtiment d'environ 36' X 20'
- ü Il y a seulement un bureau de 50 pi<sup>2</sup> chauffé avec une (1) plinthe électrique
- ü Le garage n'est pas chauffé
- ü Volume chauffé : 500 pi<sup>3</sup>
- ü Le bâtiment n'est pas climatisé
- ü Un (1) seul compteur électrique

### **Piscine régionale - 15 chemin de la Piscine - Étang-du Nord**

- ü Piscine intérieure annexée à la polyvalente
- ü Construction 1980
- ü Bâtiment d'environ 50' X 120'
- ü Les coûts électriques sont assumés par la polyvalente
- ü Juillet et août la piscine est fermée
- ü Le bâtiment a une superficie d'environ 6 000 pi<sup>2</sup>
- ü Le chauffage du bâtiment et de l'eau de la piscine est assuré par une fournaise à air chaud ; Pour le chauffage de l'eau de la piscine il y a un serpentin d'installé dans la fournaise
- ü Il y a quelques plinthes électriques comme chauffage d'appoint
- ü Le bâtiment n'est pas climatisé
- ü Aucun compteur électrique

### **Bureau des Loisirs et Bibliothèque - 1589 chemin de l'Étang-du-Nord**

- ü Construction avant 1950
- ü Bâtiment d'environ 60' X 60'
- ü Au rez-de-chaussée nous retrouvons des bureaux et il y a un plafond suspendu
- ü Le rez-de-chaussée a une superficie d'environ 3 600 pi<sup>2</sup>
- ü Au sous-sol nous retrouvons la bibliothèque
- ü Le sous-sol a une superficie d'environ 3 600 pi<sup>2</sup>
- ü Volume chauffé : 58 000 pi<sup>3</sup>
- ü Le système de chauffage à l'électricité avec convecteurs
- ü Le bâtiment n'est pas climatisé
- ü Un (1) seul compteur électrique

### **Aréna Wendell - 195 chemin Principal - Cap-aux-Meules**

- ü Construction 1954
- ü Bâtiment d'environ 90' X 250'
- ü Le chauffage est effectué électriquement par des aérothermes et des plinthes. Il y a quatre (4) chambres des joueurs totalisant 1 200 pi<sup>2</sup> qui sont chauffés avec un (1) aérotherme de 10 kW dans chaque chambre

- ü Il y a quatre (4) salles de bain totalisant 320 pi<sup>2</sup> qui sont chauffés avec une (1) plinthe électrique dans chaque salle. Le restaurant est chauffé avec un (1) aérotherme de 10 kW un (1) aérotherme de 5 kW. Un bureau de 120 pi<sup>2</sup>
- ü est chauffé avec trois (3) plinthes électriques
- ü Les besoins en eau chaude pour les douches sont comblés par quatre (4) chauffe-eau électriques de 6 kW (60 gallons)
- ü Les besoins en eau chaude pour la 'Zamboni' sont comblés par quatre (4) chauffe-eau électriques de 6 kW (60 gallons)
- ü Le bâtiment n'est pas climatisé
- ü Deux (2) compresseurs de 25 HP assurent le refroidissement nécessaire pour le maintien en température de la glace
- ü Trois (3) compteurs électriques

### **Colisée Albin Aucoin - 395 chemin de l'Hôpital**

- ü Construction 1970
- ü Bâtiment d'environ 120' X 260'
- ü Le chauffage de l'aréna est effectué par la récupération de chaleur des compresseurs
- ü Le chauffage de certaines pièces totalisant 1 800 pi<sup>2</sup> est à l'électricité avec des plinthes électriques (4 bureaux, 2 loges et 1 soupière)
- ü Le chauffage des autres pièces totalisant 6 400 pi<sup>2</sup> est à l'huile avec un système à eau chaude (4 chambres des joueurs, 3 salles de bain, 1 entrée principale, 1 bureau, 1 chambre d'arbitres, 1 restaurant et le garage pour la Zamboni)
- ü Les besoins en eau chaude pour les douches sont comblés par quatre (4) chauffe-eau électriques de 100 gallons
- ü Les besoins en eau chaude pour la 'Zamboni' sont comblés par un (1) chauffe-eau électrique de 100 gallons
- ü Le bâtiment n'est pas climatisé
- ü Il y a une (1) seule glace qui est occupé de la mi-octobre à la fin mars et environ dix (10) spectacles l'été
- ü Un (1) compteur électrique

### **Salle municipale - 711 chemin Des Caps - Fatima**

- ü Construction 1960
- ü Bâtiment d'environ 80' X 150'
- ü Chauffage à l'huile avec une (1) fournaise à l'huile à air chaud avec des conduits de distribution d'air
- ü Le bâtiment possède deux (2) étages
- ü Au rez-de-chaussée il y a une grande salle (bingo) et une (1) petite pièce
- ü Au sous-sol on retrouve une (1) grande salle communautaire
- ü Volume chauffé à l'huile: 275 000 pi<sup>3</sup>
- ü Le bâtiment n'est pas climatisé
- ü Un (1) compteur électrique



### **Ancienne école - 315 chemin Principal - Cap-aux-Meules**

- ü Construction 1963
- ü Bâtiment d'environ 70' X 150'
- ü Chauffage à l'huile avec une (1) fournaise à eau chaude
- ü Le bâtiment possède quinze (15) locaux répartis sur deux (2) étages
- ü Le bâtiment possède (1) un gymnase et une (1) bibliothèque
- ü Volume chauffé à l'huile: 200 000 pi<sup>3</sup>
- ü Le bâtiment n'est pas climatisé
- ü Un (1) compteur électrique

### **Garage municipal - 172 chemin De l'Hôpital - Fatima**

- ü Bâtiment d'environ 40' X 60'
- ü Chauffage à l'huile avec deux (2) fournaises à air chaud sans conduits de distribution d'air
- ü Le bâtiment possède trois (3) portes de garage qui ouvrent environ 1 fois par jour
- ü Volume chauffé à l'huile: 41 000 pi<sup>3</sup>
- ü Le bâtiment n'est pas climatisé
- ü Un (1) compteur électrique

### **Garage municipal - 32 chemin Marcoux – L'Étang-du-Nord**

- ü Construction 1980
- ü Bâtiment d'environ 60' X 90'
- ü Chauffage à l'huile avec deux (2) fournaises à air chaud sans conduits de distribution d'air
- ü Le bâtiment possède quatre (4) portes de garage
- ü Volume chauffé à l'huile: 108 000 pi<sup>3</sup>
- ü Le bâtiment n'est pas climatisé
- ü Un (1) compteur électrique

### **Garage municipal - 690 route 199 – Havre-aux-Maisons**

- ü Construction 1977
- ü Bâtiment d'environ 40' X 100'
- ü Chauffage à l'huile avec une (1) fournaise à air chaud sans conduits de distribution d'air
- ü Le bâtiment possède quatre (4) portes de garage qui ouvrent environ 1 fois par jour
- ü Volume chauffé à l'huile: 80 000 pi<sup>3</sup>
- ü Le bâtiment n'est pas climatisé
- ü Un (1) compteur électrique

### **Garage municipal - 391 chemin du Bassin – L'Île-De-Havre-Aubert**

- ü Construction 1977

- ü Bâtiment d'environ 50' X 85'
- ü Chauffage à l'huile avec une (1) fournaise à air chaud sans conduits de distribution d'air
- ü Le bâtiment possède trois (3) portes de garage
- ü Bâtiment bien isolé maintenu à 16 °C
- ü Volume chauffé à l'huile: 85 000 pi<sup>3</sup>
- ü Le bâtiment n'est pas climatisé
- ü Un (1) compteur électrique

### **Caserne des pompiers 290 chemin de Gros-Cap – Cap-aux-Meules**

- ü Construction 1975
- ü Bâtiment d'environ 40' X 80'
- ü Chauffage à l'électricité avec six (6) aérothermes et trois (3) plinthes
- ü Le bâtiment possède trois (3) portes de garage
- ü Bâtiment bien isolé avec ventilateurs de plafond
- ü Volume chauffé à l'huile: 48 000 pi<sup>3</sup>
- ü Le bâtiment n'est pas climatisé
- ü Un (1) compteur électrique

### **Caserne des pompiers 4 chemin Errol – Grosse-île**

- ü Construction 1994
- ü Bâtiment d'environ 60' X 60'
- ü Chauffage à l'électricité avec quatre (4) aérothermes et une (1) plinthe
- ü Le bâtiment possède trois (3) portes de garage
- ü Bâtiment maintenu à 16 °C
- ü Volume chauffé à l'huile: 54 000 pi<sup>3</sup>
- ü Le bâtiment n'est pas climatisé
- ü Un (1) compteur électrique

### **Caserne des pompiers 389 chemin du Bassin – L'île-De-Havre-Aubert**

- ü Construction 1977
- ü Bâtiment d'environ 40' X 52'
- ü Chauffage à l'électricité avec cinq (5) aérothermes et deux (2) plinthes
- ü Le bâtiment possède trois (3) portes de garage
- ü Bâtiment maintenu à 18 °C
- ü Volume chauffé à l'huile: 33 000 pi<sup>3</sup>
- ü Le bâtiment n'est pas climatisé
- ü Un (1) compteur électrique

### **Centre de traitement des déchets - 1300 route 199 – Havre-aux-Maisons**

- ü Construction 1994
- ü Bâtiment d'environ 250' X 80'

- ü Chauffage à l'électricité avec deux (2) aérothermes de 10 kW pour la salle des trilleurs de 60' X 20' X 9'H
- ü Chauffage à l'huile lors de l'arrêt de l'incinérateur avec une (1) fournaise à air chaud sans conduits de distribution d'air
- ü Pour le chauffage à l'huile on a besoin d'environ 5 000 litres d'huile 2 par an
- ü Le bâtiment n'est pas climatisé (sauf la salle des opérateurs)
- ü Un (1) compteur électrique

### **Bureau municipal - 246 chemin Principal – Grosse-île**

- ü Construction 1975
- ü Bâtiment fermé temporairement pour insalubrité
- ü Il y a environ onze (26) locaux répartis sur deux (2) étages qui sont chauffés par des plinthes électriques
- ü Chaque étage a une superficie d'environ 1 800 pi<sup>2</sup>
- ü Volume chauffé : 28 800 pi<sup>3</sup>
- ü Les plafonds sont finis en Gyproc
- ü Le bâtiment n'est pas climatisé
- ü Deux (2) compteurs électriques

### Annexe 3

#### Estimé des économies liées à la géothermie par édifice municipal

## Hypothèses de travail :

- ü Le coût du litre d'huile 2 avant taxes : 0,42 \$
- ü Il n'y a aucune taxes de payées par la municipalité pour les arénas et la piscine ;  
Pour les autres bâtiments, la municipalité récupère seulement la TPS.

### Centre Civique (mairie)

- ü Consommation d'huile en chauffage : 20 974 litres
  - ü Coût moyen du litre d'huile 2 : 0,42 \$ avant taxes
  - ü Coût moyen du litre d'huile 2 avec taxes: 0,4537 \$ avec taxes
  - ü Coût moyen du kWh : 0,081 avant taxes le 1 avril 2005
  - ü Coût moyen du kWh : 0,0875 avec taxes le 1 avril 2005
- q  $Q_{\text{annuelle actuelle}} = 20\,974 \text{ litres} \times 36\,956 \text{ BTU/litre} \times 0,75 \text{ (eff.)} = 581\,336\,000 \text{ BTU}$
- q  $Q_{\text{annuelle Géothermie}} = 581\,336\,000 \text{ BTU} / 3,5 = 166\,096\,000 \text{ BTU}$
- q  $\text{KWh}_{\text{annuel Géothermie}} = 166\,096\,000 \text{ BTU} / 3\,413 \text{ BTU/kWh} = 48\,666$
- q  $\text{Coût}_{\text{actuel}} = 20\,974 \text{ litres} \times 0,4537 \text{ \$/litre} = 9\,516 \text{ \$}$
- q  $\text{Coût}_{\text{futur}} = 48\,666 \text{ kWh} \times 0,0875 \text{ \$/kWh} = 4\,258 \text{ \$}$
- q **Économie annuelle = 5 258 \$**

### Maison de la Culture de Havre-aux-Maisons

- ü Consommation d'huile en chauffage : 16 044 litres
  - ü Consommation de kWh pour le chauffage : 18 000 kWh
  - ü Coût moyen du litre d'huile 2 avec taxes: 0,4537 \$ avec taxes
  - ü Coût moyen du kWh : 0,0875 avec taxes le 1 avril 2005
- q  $Q_{\text{annuelle actuelle}} = 16\,044 \text{ litres} \times 36\,956 \text{ BTU/litre} \times 0,75 \text{ (eff.)} + 18\,000 \text{ kWh} \times 3\,413 \text{ BTU/kWh} = 506\,126\,000 \text{ BTU}$
- q  $Q_{\text{annuelle Géothermie}} = 506\,126\,000 \text{ BTU} / 3,5 = 144\,607\,000 \text{ BTU}$
- q  $\text{KWh}_{\text{annuel Géothermie}} = 144\,607\,000 \text{ BTU} / 3\,413 \text{ BTU/kWh} = 42\,370$
- q  $\text{Coût}_{\text{actuel}} = 16\,044 \text{ litres} \times 0,4537 \text{ \$/litre} + 18\,000 \text{ kWh} \times 0,0875 \text{ \$/kWh} = 8\,854 \text{ \$}$
- q  $\text{Coût}_{\text{futur}} = 42\,370 \text{ kWh} \times 0,0875 \text{ \$/kWh} = 3\,707 \text{ \$}$
- q **Économie annuelle = 5 147 \$**

### Aréna Municipal de Havre-aux-Maisons

- ü Consommation d'huile en chauffage : 8 700 litres
- ü Consommation de kWh pour le chauffage : 27 000 kWh
- ü Coût moyen du litre d'huile 2 avec taxes: 0,42 \$ avec taxes
- ü Coût moyen du kWh : 0,096 avec taxes le 1 avril 2005
  
- q  $Q_{\text{annuelle actuelle}} = 8\,700 \text{ litres} \times 36\,956 \text{ BTU/litre} \times 0,75 \text{ (eff.)} + 27\,000 \text{ kWh} \times 3413 \text{ BTU/kWh} = 333\,289\,000 \text{ BTU}$
- q  $Q_{\text{annuelle Géothermie}} = 333\,289\,000 \text{ BTU} / 3,5 = 95\,225\,429 \text{ BTU}$
  
- q  $\text{KWh}_{\text{annuel Géothermie}} = 333\,289\,000 \text{ BTU} / 3\,413 \text{ BTU/kWh} = 27\,901$
  
- q  $\text{Coût}_{\text{actuel}} = 8\,700 \text{ litres} \times 0,42 \text{ \$/litre} + 27\,000 \text{ kWh} \times 0,096 \text{ \$/kWh} = 6\,246 \text{ \$}$
- q  $\text{Coût}_{\text{futur}} = 27\,901 \text{ kWh} \times 0,096 \text{ \$/kWh} = 2\,678 \text{ \$}$
  
- q **Économie annuelle = 3 568 \$**

### Centre récréatif de l'Étang-du-Nord

- ü Consommation de kWh pour le chauffage : 128 000 kWh
- ü Coût moyen du kWh : 0,092 avec taxes le 1 avril 2005
  
- q  $Q_{\text{annuelle actuelle}} = 128\,000 \text{ kWh} \times 3413 \text{ BTU/kWh} = 436\,864\,000 \text{ BTU}$
- q  $Q_{\text{annuelle Géothermie}} = 436\,864\,000 \text{ BTU} / 3,5 = 124\,818\,000 \text{ BTU}$
  
- q  $\text{KWh}_{\text{annuel Géothermie}} = 124\,818\,000 \text{ BTU} / 3\,413 \text{ BTU/kWh} = 36\,571$
  
- q  $\text{Coût}_{\text{actuel}} = 128\,000 \text{ kWh} \times 0,092 \text{ \$/kWh} = 11\,776 \text{ \$}$
- q  $\text{Coût}_{\text{futur}} = 36\,571 \text{ kWh} \times 0,092 \text{ \$/kWh} = 3\,365 \text{ \$}$
  
- q **Économie annuelle = 8 411 \$**

### Centre Multifonctionnel

- ü Consommation de kWh pour le chauffage : 218 000 kWh
- ü Coût moyen du kWh : 0,0875 avec taxes le 1 avril 2005
  
- q  $Q_{\text{annuelle actuelle}} = 218\,000 \text{ kWh} \times 3413 \text{ BTU/kWh} = 744\,034\,000 \text{ BTU}$
- q  $Q_{\text{annuelle Géothermie}} = 744\,034\,000 \text{ BTU} / 3,5 = 212\,581\,000 \text{ BTU}$
  
- q  $\text{KWh}_{\text{annuel Géothermie}} = 212\,581\,000 \text{ BTU} / 3\,413 \text{ BTU/kWh} = 62\,286$
  
- q  $\text{Coût}_{\text{actuel}} = 218\,000 \text{ kWh} \times 0,0875 \text{ \$/kWh} = 19\,075 \text{ \$}$
- q  $\text{Coût}_{\text{futur}} = 62\,286 \text{ kWh} \times 0,0875 \text{ \$/kWh} = 5\,450 \text{ \$}$
  
- q **Économie annuelle = 13 625 \$**

### Capitol de l'Est

- ü Consommation de kWh pour le chauffage : 54 000 kWh
- ü Coût moyen du kWh : 0,0875 avec taxes le 1 avril 2005

q  $Q_{\text{annuelle actuelle}} = 54\,000 \text{ kWh} \times 3413 \text{ BTU/kWh} = 184\,302\,000 \text{ BTU}$   
q  $Q_{\text{annuelle Géothermie}} = 184\,302\,000 \text{ BTU} / 3,5 = 52\,658\,000 \text{ BTU}$

q  $\text{KWh}_{\text{annuel Géothermie}} = 52\,658\,000 \text{ BTU} / 3\,413 \text{ BTU/kWh} = 15\,429$

q  $\text{Coût}_{\text{actuel}} = 54\,000 \text{ kWh} \times 0,0875 \text{ \$/kWh} = 4\,725 \text{ \$}$   
q  $\text{Coût}_{\text{futur}} = 15\,429 \text{ kWh} \times 0,0875 \text{ \$/kWh} = 1\,350 \text{ \$}$

q **Économie annuelle = 3 375 \$**

### Piscine Régionale de l'Étang-du-Nord

- ü Consommation d'huile en chauffage : 45 651 litres
- ü Coût moyen du litre d'huile 2 avec taxes: 0,42 \$ avec taxes
- ü Coût moyen du kWh : 0,084 avec taxes le 1 avril 2005

q  $Q_{\text{annuelle actuelle}} = 45\,651 \text{ litres} \times 36\,956 \text{ BTU/litre} \times 0,75 \text{ (eff.)} = 1\,265\,309\,000 \text{ BTU}$

q  $Q_{\text{annuelle Géothermie}} = 1\,265\,309\,000 \text{ BTU} / 3,5 = 361\,517\,000 \text{ BTU}$

q  $\text{KWh}_{\text{annuel Géothermie}} = 361\,517\,000 \text{ BTU} / 3\,413 \text{ BTU/kWh} = 105\,923$

q  $\text{Coût}_{\text{actuel}} = 45\,651 \text{ litres} \times 0,42 \text{ \$/litre} = 19\,173 \text{ \$}$

q  $\text{Coût}_{\text{futur}} = 105\,923 \text{ kWh} \times 0,084 \text{ \$/kWh} = 8\,898 \text{ \$}$

q **Économie annuelle = 10 275 \$**

### Bureau des Loisirs et Bibliothèque de l'Étang-du-Nord

- ü Consommation de kWh pour le chauffage : 30 000 kWh
- ü Coût moyen du kWh : 0,0972 avec taxes le 1 avril 2005

q  $Q_{\text{annuelle actuelle}} = 30\,000 \text{ kWh} \times 3413 \text{ BTU/kWh} = 102\,390\,000 \text{ BTU}$   
q  $Q_{\text{annuelle Géothermie}} = 102\,390\,000 \text{ BTU} / 3,5 = 29\,254\,000 \text{ BTU}$

q  $\text{KWh}_{\text{annuel Géothermie}} = 29\,254\,000 \text{ BTU} / 3\,413 \text{ BTU/kWh} = 8\,571$

q  $\text{Coût}_{\text{actuel}} = 30\,000 \text{ kWh} \times 0,0972 \text{ \$/kWh} = 2\,916 \text{ \$}$   
q  $\text{Coût}_{\text{futur}} = 8\,571 \text{ kWh} \times 0,0972 \text{ \$/kWh} = 833 \text{ \$}$

q **Économie annuelle = 2 083 \$**

**Aréna Wendell Chiasson**

ü Consommation de kWh pour le chauffage : 15 000 kWh

ü Coût moyen du kWh : 0,084 avec taxes le 1 avril 2005

q  $Q_{\text{annuelle actuelle}} = 15\,000 \text{ kWh} \times 3\,413 \text{ BTU/kWh} = 51\,195\,000 \text{ BTU}$

q  $Q_{\text{annuelle Géothermie}} = 51\,195\,000 \text{ BTU} / 3,5 = 14\,627\,000 \text{ BTU}$

q  $\text{KWh}_{\text{annuel Géothermie}} = 14\,627\,000 \text{ BTU} / 3\,413 \text{ BTU/kWh} = 4\,286$

q  $\text{Coût}_{\text{actuel}} = 15\,000 \text{ kWh} \times 0,084 \text{ \$/kWh} = 1\,260 \text{ \$}$

q  $\text{Coût}_{\text{futur}} = 4\,286 \text{ kWh} \times 0,084 \text{ \$/kWh} = 360 \text{ \$}$

q **Économie annuelle = 2 160 \$**

**Colisé Albert Aubin**

ü Consommation d'huile en chauffage : 23 312 litres

ü Coût moyen du litre d'huile 2 avec taxes: 0,42 \$ avec taxes

ü Coût moyen du kWh : 0,089 avec taxes le 1 avril 2005

q  $Q_{\text{annuelle actuelle}} = 23\,312 \text{ litres} \times 36\,956 \text{ BTU/litre} \times 0,75 \text{ (eff.)} = 646\,139\,000 \text{ BTU}$

q  $Q_{\text{annuelle Géothermie}} = 646\,139\,000 \text{ BTU} / 3,5 = 184\,611\,000 \text{ BTU}$

q  $\text{KWh}_{\text{annuel Géothermie}} = 184\,611\,000 \text{ BTU} / 3\,413 \text{ BTU/kWh} = 54\,091$

q  $\text{Coût}_{\text{actuel}} = 23\,312 \text{ litres} \times 0,42 \text{ \$/litre} = 9\,791 \text{ \$}$

q  $\text{Coût}_{\text{futur}} = 54\,091 \text{ kWh} \times 0,089 \text{ \$/kWh} = 4\,814 \text{ \$}$

q **Économie annuelle = 4 977 \$**

**Salle Municipale de Fatima**

ü Consommation d'huile en chauffage : 14 000 litres

ü Coût moyen du litre d'huile 2 avec taxes: 0,4537 \$ avec taxes

ü Coût moyen du kWh : 0,102 avec taxes le 1 avril 2005

q  $Q_{\text{annuelle actuelle}} = 14\,000 \text{ litres} \times 36\,956 \text{ BTU/litre} \times 0,75 \text{ (eff.)} = 388\,038\,000 \text{ BTU}$

q  $Q_{\text{annuelle Géothermie}} = 388\,038\,000 \text{ BTU} / 3,5 = 110\,868\,000 \text{ BTU}$

q  $\text{KWh}_{\text{annuel Géothermie}} = 110\,868\,000 \text{ BTU} / 3\,413 \text{ BTU/kWh} = 32\,484$

q  $\text{Coût}_{\text{actuel}} = 14\,000 \text{ litres} \times 0,4537 \text{ \$/litre} = 6\,352 \text{ \$}$



$$q \text{ Coût}_{\text{futur}} = 32\,484 \text{ kWh} \times 0,102 \text{ \$/kWh} = 3\,313 \text{ \$}$$

$$q \text{ Économie annuelle} = 3\,039 \text{ \$}$$

### Ancienne école Marguerite d'Youville

ü Consommation d'huile en chauffage : 19 358 litres

ü Coût moyen du litre d'huile 2 avec taxes: 0,4537 \$ avec taxes

ü Coût moyen du kWh : 0,0853 avec taxes le 1 avril 2005

$$q \text{ } Q_{\text{annuelle actuelle}} = 19\,358 \text{ litres} \times 36\,956 \text{ BTU/litre} \times 0,75 \text{ (eff.)} = 536\,546\,000 \text{ BTU}$$

$$q \text{ } Q_{\text{annuelle Géothermie}} = 536\,546\,000 \text{ BTU} / 3,5 = 153\,299\,000 \text{ BTU}$$

$$q \text{ } \text{KWh}_{\text{annuel Géothermie}} = 153\,299\,000 \text{ BTU} / 3\,413 \text{ BTU/kWh} = 44\,916$$

$$q \text{ Coût}_{\text{actuel}} = 19\,358 \text{ litres} \times 0,4537 \text{ \$/litre} = 8\,783 \text{ \$}$$

$$q \text{ Coût}_{\text{futur}} = 44\,916 \text{ kWh} \times 0,0853 \text{ \$/kWh} = 3\,831 \text{ \$}$$

$$q \text{ Économie annuelle} = 4\,952 \text{ \$}$$

### Garage Municipal de Fatima

ü Consommation d'huile en chauffage : 18 300 litres

ü Coût moyen du litre d'huile 2 avec taxes: 0,4537 \$ avec taxes

ü Coût moyen du kWh : 0,102 avec taxes le 1 avril 2005

$$q \text{ } Q_{\text{annuelle actuelle}} = 18\,300 \text{ litres} \times 36\,956 \text{ BTU/litre} \times 0,75 \text{ (eff.)} = 507\,221\,000 \text{ BTU}$$

$$q \text{ } Q_{\text{annuelle Géothermie}} = 507\,221\,000 \text{ BTU} / 3,5 = 144\,920\,000 \text{ BTU}$$

$$q \text{ } \text{KWh}_{\text{annuel Géothermie}} = 144\,920\,000 \text{ BTU} / 3\,413 \text{ BTU/kWh} = 42\,461$$

$$q \text{ Coût}_{\text{actuel}} = 18\,300 \text{ litres} \times 0,4537 \text{ \$/litre} = 8\,303 \text{ \$}$$

$$q \text{ Coût}_{\text{futur}} = 42\,461 \text{ kWh} \times 0,102 \text{ \$/kWh} = 4\,331 \text{ \$}$$

$$q \text{ Économie annuelle} = 3\,501 \text{ \$}$$

### Garage Municipal de l'Étang-du-Nord

ü Consommation d'huile en chauffage : 15 781 litres

ü Coût moyen du litre d'huile 2 avec taxes: 0,4537 \$ avec taxes

ü Coût moyen du kWh : 0,102 avec taxes le 1 avril 2005

- q  $Q_{\text{annuelle actuelle}} = 15\,781 \text{ litres} \times 36\,956 \text{ BTU/litre} \times 0,75 \text{ (eff.)} = 437\,402\,000 \text{ BTU}$
- q  $Q_{\text{annuelle Géothermie}} = 437\,402\,000 \text{ BTU} / 3,5 = 124\,972\,000 \text{ BTU}$
  
- q  $KWh_{\text{annuel Géothermie}} = 124\,972\,000 \text{ BTU} / 3\,413 \text{ BTU/kWh} = 36\,616$
  
- q  $\text{Coût}_{\text{actuel}} = 15\,781 \text{ litres} \times 0,4537 \text{ \$/litre} = 7\,160 \text{ \$}$
  
- q  $\text{Coût}_{\text{futur}} = 36\,616 \text{ kWh} \times 0,102 \text{ \$/kWh} = 3\,735 \text{ \$}$
  
- q **Économie annuelle = 3 425 \$**

### Garage Municipal de Havre-aux-Maisons

- ü Consommation d'huile en chauffage : 16 732 litres
- ü Coût moyen du litre d'huile 2 avec taxes: 0,4537 \$ avec taxes
- ü Coût moyen du kWh : 0,102 avec taxes le 1 avril 2005
  
- q  $Q_{\text{annuelle actuelle}} = 16\,732 \text{ litres} \times 36\,956 \text{ BTU/litre} \times 0,75 \text{ (eff.)} = 463\,761\,000 \text{ BTU}$
- q  $Q_{\text{annuelle Géothermie}} = 463\,761\,000 \text{ BTU} / 3,5 = 132\,503\,000 \text{ BTU}$
  
- q  $KWh_{\text{annuel Géothermie}} = 132\,503\,000 \text{ BTU} / 3\,413 \text{ BTU/kWh} = 38\,823$
  
- q  $\text{Coût}_{\text{actuel}} = 16\,732 \text{ litres} \times 0,4537 \text{ \$/litre} = 7\,591 \text{ \$}$
  
- q  $\text{Coût}_{\text{futur}} = 38\,823 \text{ kWh} \times 0,102 \text{ \$/kWh} = 3\,960 \text{ \$}$
  
- q **Économie annuelle = 3 631 \$**

### Garage Municipal de Havre-aubert

- ü Consommation d'huile en chauffage : 11 168 litres
- ü Coût moyen du litre d'huile 2 avec taxes: 0,4537 \$ avec taxes
- ü Coût moyen du kWh : 0,102 avec taxes le 1 avril 2005
  
- q  $Q_{\text{annuelle actuelle}} = 11\,168 \text{ litres} \times 36\,956 \text{ BTU/litre} \times 0,75 \text{ (eff.)} = 309\,543\,000 \text{ BTU}$
- q  $Q_{\text{annuelle Géothermie}} = 309\,543\,000 \text{ BTU} / 3,5 = 88\,441\,000 \text{ BTU}$
  
- q  $KWh_{\text{annuel Géothermie}} = 88\,441\,000 \text{ BTU} / 3\,413 \text{ BTU/kWh} = 25\,913$
  
- q  $\text{Coût}_{\text{actuel}} = 11\,168 \text{ litres} \times 0,4537 \text{ \$/litre} = 5\,067 \text{ \$}$
  
- q  $\text{Coût}_{\text{futur}} = 25\,913 \text{ kWh} \times 0,102 \text{ \$/kWh} = 2\,643 \text{ \$}$
  
- q **Économie annuelle = 2 424 \$**

### **Caserne des pompiers de Cap-aux-Meules**

- ü Consommation de kWh pour le chauffage : 40 000 kWh
- ü Coût moyen du kWh : 0,0853 avec taxes le 1 avril 2005
  
- q  $Q_{\text{annuelle actuelle}} = 40\,000 \text{ kWh} \times 3413 \text{ BTU/kWh} = 136\,520\,000 \text{ BTU}$
- q  $Q_{\text{annuelle Géothermie}} = 136\,520\,000 \text{ BTU} / 3,5 = 39\,006\,000 \text{ BTU}$
  
- q  $\text{KWh}_{\text{annuel Géothermie}} = 39\,006\,000 \text{ BTU} / 3\,413 \text{ BTU/kWh} = 11\,429$
  
- q  $\text{Coût}_{\text{actuel}} = 40\,000 \text{ kWh} \times 0,0853 \text{ \$/kWh} = 3\,412 \text{ \$}$
- q  $\text{Coût}_{\text{futur}} = 11\,429 \text{ kWh} \times 0,0853 \text{ \$/kWh} = 975 \text{ \$}$
  
- q **Économie annuelle = 2 437 \$**

### **Caserne des pompiers de Grosse-Île**

- ü Consommation de kWh pour le chauffage : 30 000 kWh
- ü Coût moyen du kWh : 0,0972 avec taxes le 1 avril 2005
  
- q  $Q_{\text{annuelle actuelle}} = 30\,000 \text{ kWh} \times 3413 \text{ BTU/kWh} = 102\,390\,000 \text{ BTU}$
- q  $Q_{\text{annuelle Géothermie}} = 102\,390\,000 \text{ BTU} / 3,5 = 29\,254\,000 \text{ BTU}$
  
- q  $\text{KWh}_{\text{annuel Géothermie}} = 29\,254\,000 \text{ BTU} / 3\,413 \text{ BTU/kWh} = 8\,571$
  
- q  $\text{Coût}_{\text{actuel}} = 30\,000 \text{ kWh} \times 0,0972 \text{ \$/kWh} = 2\,916 \text{ \$}$
- q  $\text{Coût}_{\text{futur}} = 8\,571 \text{ kWh} \times 0,0972 \text{ \$/kWh} = 833 \text{ \$}$
  
- q **Économie annuelle = 2 083 \$**

### **Caserne des pompiers de Havre-Aubert**

- ü Consommation de kWh pour le chauffage : 18 000 kWh
- ü Coût moyen du kWh : 0,10 avec taxes le 1 avril 2005
  
- q  $Q_{\text{annuelle actuelle}} = 18\,000 \text{ kWh} \times 3413 \text{ BTU/kWh} = 61\,434\,000 \text{ BTU}$
- q  $Q_{\text{annuelle Géothermie}} = 61\,434\,000 \text{ BTU} / 3,5 = 17\,553\,000 \text{ BTU}$
  
- q  $\text{KWh}_{\text{annuel Géothermie}} = 17\,553\,000 \text{ BTU} / 3\,413 \text{ BTU/kWh} = 5\,143$
  
- q  $\text{Coût}_{\text{actuel}} = 18\,000 \text{ kWh} \times 0,10 \text{ \$/kWh} = 1\,800 \text{ \$}$
- q  $\text{Coût}_{\text{futur}} = 5\,143 \text{ kWh} \times 0,10 \text{ \$/kWh} = 514 \text{ \$}$
  
- q **Économie annuelle = 1 286 \$**

### Centre de traitement des déchets de Havre-aux-Maisons

- ü Consommation d'huile en chauffage : 5 000 litres
- ü Consommation de kWh pour le chauffage : 9 500 kWh
- ü Coût moyen du litre d'huile 2 avec taxes: 0,4537 \$ avec taxes
- ü Coût moyen du kWh : 0,10 avec taxes le 1 avril 2005
  
- q  $Q_{\text{annuelle actuelle}} = 5\,000 \text{ litres} \times 36\,956 \text{ BTU/litre} \times 0,75 \text{ (eff.)}$ 
  - o  $+ 9\,500 \text{ kWh} \times 3\,413 \text{ BTU/kWh} = 171\,009\,000 \text{ BTU}$
- q  $Q_{\text{annuelle Géothermie}} = 171\,009\,000 \text{ BTU} / 3,5 = 48\,860\,000 \text{ BTU}$
  
- q  $KWh_{\text{annuel Géothermie}} = 48\,860\,000 \text{ BTU} / 3\,413 \text{ BTU/kWh} = 14\,316$
  
- q  $\text{Coût}_{\text{actuel}} = 5\,000 \text{ litres} \times 0,4537 \text{ \$/litre}$
- q  $+ 9\,500 \text{ kWh} \times 0,10 \text{ \$/kWh} = 3\,219 \text{ \$}$
- q  $\text{Coût}_{\text{futur}} = 14\,316 \text{ kWh} \times 0,10 \text{ \$/kWh} = 1\,432 \text{ \$}$
  
- q **Économie annuelle = 1 787 \$**

### Bureau Municipal de Grosse-Île

- ü Consommation de kWh pour le chauffage : 25 000 kWh
- ü Coût moyen du kWh : 0,078 avec taxes le 1 avril 2005
  
- q  $Q_{\text{annuelle actuelle}} = 25\,000 \text{ kWh} \times 3\,413 \text{ BTU/kWh} = 85\,325\,000 \text{ BTU}$
- q  $Q_{\text{annuelle Géothermie}} = 85\,325\,000 \text{ BTU} / 3,5 = 24\,379\,000 \text{ BTU}$
  
- q  $KWh_{\text{annuel Géothermie}} = 24\,379\,000 \text{ BTU} / 3\,413 \text{ BTU/kWh} = 7\,143$
  
- q  $\text{Coût}_{\text{actuel}} = 25\,000 \text{ kWh} \times 0,078 \text{ \$/kWh} = 1\,950 \text{ \$}$
- q  $\text{Coût}_{\text{futur}} = 7\,143 \text{ kWh} \times 0,078 \text{ \$/kWh} = 557 \text{ \$}$
  
- q **Économie annuelle = 1 393 \$**

#### Annexe 4

Estimé des subventions disponibles  
Deux sources : OEE et HQ

## Hypothèses de travail :

- Ø 0,05 \$/kWh économisé du subvention estimé d'HQ (en raison du bâtiment de référence) pour les premiers 10 % d'amélioration de performance du bâtiment
- Ø 0,35 \$/kWh économisé du subvention estimé d'HQ (en raison du bâtiment de référence) pour les premiers 10 % à 25 % d'amélioration de performance du bâtiment
- Ø 0,40 \$/kWh économisé du subvention estimé d'HQ (en raison du bâtiment de référence) pour plus de 25 % d'amélioration de performance du bâtiment

### Centre Civique (mairie) - Cap-aux-Meules

- Ø Projet de remplacement d'huile 2 par des kWh
- Ø Subvention HQ : 0 \$
- Ø  $Q_{\text{annuelle actuelle}} = 581\,336\,000 \text{ BTU} = 613 \text{ GJ}$
- Ø  $Q_{\text{annuelle Géothermie}} = 166\,096\,000 \text{ BTU} = 175 \text{ GJ}$
- Ø Économie annuelle de GJ = 438
- Ø Subvention estimée de l'OEE =  $438 \text{ GJ} \times 7,50 \text{ \$/GJ} = 3\,285 \text{ \$}$

### Maison de la Culture - Havre-aux-Maisons

- Ø Projet de remplacement d'huile 2 et de kWh par des kWh
- Ø Consommation annuelle de kWh : 250 000 kWh
- Ø Économie annuelle de kWh : 12 850
- Ø  $Q_{\text{annuelle actuelle}} = 506\,126\,000 \text{ BTU} = 534 \text{ GJ}$
- Ø  $Q_{\text{annuelle Géothermie}} = 144\,607\,000 \text{ BTU} = 153 \text{ GJ}$
- Ø Économie annuelle de GJ = 381
- Ø Subvention estimée de l'OEE =  $381 \text{ GJ} \times 7,50 \text{ \$/GJ} = 2\,857 \text{ \$}$
- Ø Subvention estimée d'HQ =  $12\,850 \times 0,05 \text{ \$/kWh} = 642 \text{ \$}$
- Ø Subvention totale estimée = **3 499 \$**

### Aréna Municipal Havre-aux-Maisons

- Ø Projet de remplacement d'huile 2 et de kWh par des kWh
- Ø Consommation annuelle de kWh : 450 000 kWh
- Ø Économie annuelle de kWh : 19 286
- Ø  $Q_{\text{annuelle actuelle}} = 333\,289\,000 \text{ BTU} = 352 \text{ GJ}$
- Ø  $Q_{\text{annuelle Géothermie}} = 95\,225\,429 \text{ BTU} = 100 \text{ GJ}$
- Ø Économie annuelle de GJ = 252
- Ø Subvention estimée de l'OEE =  $252 \text{ GJ} \times 7,50 \text{ \$/GJ} = 1\,890 \text{ \$}$
- Ø Subvention estimée d'HQ =  $19\,286 \times 0,05 \text{ \$/kWh} = 964 \text{ \$}$
- Ø Subvention totale estimée = **2 854 \$**

### Centre récréatif de l'Étang-du-Nord

- Ø Projet de remplacement de kWh par des kWh
- Ø Consommation annuelle de kWh : 203 000 kWh

- Ø Économie annuelle de kWh : 91 429
- Ø  $Q_{\text{annuelle actuelle}} = 436\,864\,000 \text{ BTU} = 461 \text{ GJ}$
- Ø  $Q_{\text{annuelle Géothermie}} = 124\,818\,000 \text{ BTU} = 132 \text{ GJ}$
- Ø Économie annuelle de GJ = 329
- Ø Subvention estimée de l'OEE =  $329 \text{ GJ} \times 7,50 \text{ \$/GJ} = 2\,467 \text{ \$}$
- Ø Subvention estimée d'HQ = 21 343 \$
- Ø Subvention totale estimée = **30 412 \$**

Subvention HQ :

- ü  $20\,300 \text{ kWh} \times 0,05 \text{ \$/kWh} = 1\,015 \text{ \$}$
- ü  $30\,450 \text{ kWh} \times 0,20 \text{ \$/kWh} = 6\,090 \text{ \$}$
- ü  $40\,679 \text{ kWh} \times 0,35 \text{ \$/kWh} = 14\,238 \text{ \$}$
- ü Subvention totale HQ = 21 343 \$

### **Centre Multifonctionnel - Havre-Aubert**

- Ø Projet de remplacement de kWh par des kWh
- Ø Consommation annuelle de kWh : 348 000 kWh
- Ø Économie annuelle de kWh : 155 714
- Ø  $Q_{\text{annuelle actuelle}} = 744\,034\,000 \text{ BTU} = 785 \text{ GJ}$
- Ø  $Q_{\text{annuelle Géothermie}} = 212\,581\,000 \text{ BTU} = 224 \text{ GJ}$
- Ø Économie annuelle de GJ = 561
- Ø Subvention estimée de l'OEE =  $561 \text{ GJ} \times 7,50 \text{ \$/GJ} = 4\,207 \text{ \$}$
- Ø Subvention estimée d'HQ = 36 230 \$
- Ø Subvention totale estimée = **40 437 \$**

Subvention HQ :

- ü  $34\,800 \text{ kWh} \times 0,05 \text{ \$/kWh} = 1\,740 \text{ \$}$
- ü  $52\,200 \text{ kWh} \times 0,20 \text{ \$/kWh} = 10\,440 \text{ \$}$
- ü  $68\,714 \text{ kWh} \times 0,35 \text{ \$/kWh} = 24\,050 \text{ \$}$
- ü Subvention totale HQ = 36 230 \$

### **Capitol de l'Est**

- Ø Projet de remplacement de kWh par des kWh
- Ø Consommation annuelle de kWh : 106 000 kWh
- Ø Économie annuelle de kWh : 38 571
- Ø  $Q_{\text{annuelle actuelle}} = 184\,302\,000 \text{ BTU} = 194 \text{ GJ}$
- Ø  $Q_{\text{annuelle Géothermie}} = 52\,658\,000 \text{ BTU} = 56 \text{ GJ}$
- Ø Économie annuelle de GJ = 138
- Ø Subvention estimée de l'OEE =  $138 \text{ GJ} \times 7,50 \text{ \$/GJ} = 1\,035 \text{ \$}$
- Ø Subvention estimée d'HQ = 7 935 \$
- Ø Subvention totale estimée = **8 970 \$**

Subvention HQ :

- ü 10 600 kWh X 0,05 \$/kWh = 530 \$
- ü 15 900 kWh X 0,20 \$/kWh = 3 180 \$
- ü 12 071 kWh X 0,35 \$/kWh = 4 225
- ü Subvention totale HQ = 7 935 \$

**Piscine Régionale de l'Étang-du-Nord**

- Ø Projet de remplacement d'huile 2 par des kWh
- Ø Subvention HQ : 0 \$
- Ø  $Q_{\text{annuelle actuelle}} = 1\,265\,309\,000 \text{ BTU} = 1\,335 \text{ GJ}$
- Ø  $Q_{\text{annuelle Géothermie}} = 361\,517\,000 \text{ BTU} = 381 \text{ GJ}$
- Ø Économie annuelle de GJ = 954
- Ø Subvention estimée de l'OEE =  $954 \text{ GJ} \times 7,50 \text{ \$/GJ} = 7\,155 \text{ \$}$

**Bureau des Loisirs et Bibliothèque de l'Étang-du-Nord**

- Ø Projet de remplacement de kWh par des kWh
- Ø Consommation annuelle de kWh : 61 140 kWh
- Ø Économie annuelle de kWh : 21 429
- Ø  $Q_{\text{annuelle actuelle}} = 102\,390\,000 \text{ BTU} = 108 \text{ GJ}$
- Ø  $Q_{\text{annuelle Géothermie}} = 29\,254\,000 \text{ BTU} = 31 \text{ GJ}$
- Ø Économie annuelle de GJ = 77
- Ø Subvention estimée de l'OEE =  $77 \text{ GJ} \times 7,50 \text{ \$/GJ} = 577 \text{ \$}$
- Ø Subvention estimée d'HQ = 4 289 \$
- Ø Subvention totale estimée = 4 866 \$

Subvention HQ :

- ü 6 114 kWh X 0,05 \$/kWh = 305 \$
- ü 171 kWh X 0,20 \$/kWh = 1 834 \$
- ü 6 144 kWh X 0,35 \$/kWh = 2 150
- ü Subvention totale HQ = 5 973 \$

**Aréna Wendell Chiasson**

- Ø Projet de remplacement de kWh par des kWh
- Ø Consommation annuelle de kWh : 420 000 kWh
- Ø Économie annuelle de kWh : 10 714
- Ø  $Q_{\text{annuelle actuelle}} = 51\,195\,000 \text{ BTU} = 54 \text{ GJ}$
- Ø  $Q_{\text{annuelle Géothermie}} = 14\,627\,000 \text{ BTU} = 15 \text{ GJ}$
- Ø Économie annuelle de GJ = 39
- Ø Subvention estimée de l'OEE =  $39 \text{ GJ} \times 7,50 \text{ \$/GJ} = 292 \text{ \$}$
- Ø Subvention estimée d'HQ = 536 \$



Ø Subvention totale estimée = **828 \$**

### **Colisée Albert Aubin**

- Ø Projet de remplacement d'huile 2 par des kWh
- Ø Subvention HQ : 0 \$
- Ø  $Q_{\text{annuelle actuelle}} = 646\,139\,000 \text{ BTU} = 682 \text{ GJ}$
- Ø  $Q_{\text{annuelle Géothermie}} = 184\,611\,000 \text{ BTU} = 195 \text{ GJ}$
- Ø Économie annuelle de GJ = 487
- Ø Subvention estimée de l'OEE =  $487 \text{ GJ} \times 7,50 \text{ \$/GJ} = \mathbf{3\,562 \$}$

### **Salle Municipale de Fatima**

- Ø Projet de remplacement d'huile 2 par des kWh
- Ø Subvention HQ : 0 \$
- Ø  $Q_{\text{annuelle actuelle}} = 388\,038\,000 \text{ BTU} = 409 \text{ GJ}$
- Ø  $Q_{\text{annuelle Géothermie}} = 110\,868\,000 \text{ BTU} = 117 \text{ GJ}$
- Ø Économie annuelle de GJ = 292
- Ø Subvention estimée de l'OEE =  $292 \text{ GJ} \times 7,50 \text{ \$/GJ} = \mathbf{2\,190 \$}$

### **Ancienne école Marguerite d'Youville**

- Ø Projet de remplacement d'huile 2 par des kWh
- Ø Subvention HQ : 0 \$
- Ø  $Q_{\text{annuelle actuelle}} = 536\,546\,000 \text{ BTU} = 566 \text{ GJ}$
- Ø  $Q_{\text{annuelle Géothermie}} = 153\,299\,000 \text{ BTU} = 162 \text{ GJ}$
- Ø Économie annuelle de GJ = 404
- Ø Subvention estimée de l'OEE =  $404 \text{ GJ} \times 7,50 \text{ \$/GJ} = \mathbf{3\,030 \$}$

### **Garage Municipal de Fatima**

- Ø Projet de remplacement d'huile 2 par des kWh
- Ø Subvention HQ : 0 \$
- Ø  $Q_{\text{annuelle actuelle}} = 507\,221\,000 \text{ BTU} = 535 \text{ GJ}$
- Ø  $Q_{\text{annuelle Géothermie}} = 144\,920\,000 \text{ BTU} = 153 \text{ GJ}$
- Ø Économie annuelle de GJ = 382
- Ø Subvention estimée de l'OEE =  $382 \text{ GJ} \times 7,50 \text{ \$/GJ} = \mathbf{2\,865 \$}$

### **Garage Municipal de l'Étang-du-Nord**

- Ø Projet de remplacement d'huile 2 par des kWh
- Ø Subvention HQ : 0 \$
- Ø  $Q_{\text{annuelle actuelle}} = 437\,402\,000 \text{ BTU} = 461 \text{ GJ}$
- Ø  $Q_{\text{annuelle Géothermie}} = 124\,972\,000 \text{ BTU} = 132 \text{ GJ}$
- Ø Économie annuelle de GJ = 329
- Ø Subvention estimée de l'OEE =  $329 \text{ GJ} \times 7,50 \text{ \$/GJ} = \mathbf{2\,467 \$}$

### **Garage Municipal de Havre-Aubert**

- Ø Projet de remplacement d'huile 2 par des kWh
- Ø Subvention HQ : 0 \$
- Ø  $Q_{\text{annuelle actuelle}} = 463\,761\,000 \text{ BTU} = 489 \text{ GJ}$
- Ø  $Q_{\text{annuelle Géothermie}} = 132\,503\,000 \text{ BTU} = 140 \text{ GJ}$
- Ø Économie annuelle de GJ = 349
- Ø Subvention estimée de l'OEE =  $349 \text{ GJ} \times 7,50 \text{ \$/GJ} = 2\,617 \text{ \$}$

### **Garage Municipal de Havre-Aubert**

- Ø Projet de remplacement d'huile 2 par des kWh
- Ø Subvention HQ : 0 \$
- Ø  $Q_{\text{annuelle actuelle}} = 309\,543\,000 \text{ BTU} = 327 \text{ GJ}$
- Ø  $Q_{\text{annuelle Géothermie}} = 88\,441\,000 \text{ BTU} = 93 \text{ GJ}$
- Ø Économie annuelle de GJ = 234
- Ø Subvention estimée de l'OEE =  $234 \text{ GJ} \times 7,50 \text{ \$/GJ} = 1\,755 \text{ \$}$

### **Caserne des pompiers de Cap-aux-Meules**

- Ø Projet de remplacement de kWh par des kWh
- Ø Consommation annuelle de kWh : 62 000 kWh
- Ø Économie annuelle de kWh : 28 571
- Ø  $Q_{\text{annuelle actuelle}} = 136\,520\,000 \text{ BTU} = 144 \text{ GJ}$
- Ø  $Q_{\text{annuelle Géothermie}} = 39\,006\,000 \text{ BTU} = 41 \text{ GJ}$
- Ø Économie annuelle de GJ = 103
- Ø Subvention estimée de l'OEE =  $103 \text{ GJ} \times 7,50 \text{ \$/GJ} = 802 \text{ \$}$
- Ø Subvention estimée d'HQ = 6 745 \$
- Ø Subvention totale estimée = **7 547 \$**

Subvention HQ :

- ü  $6\,200 \text{ kWh} \times 0,05 \text{ \$/kWh} = 310 \text{ \$}$
- ü  $300 \text{ kWh} \times 0,20 \text{ \$/kWh} = 1\,860 \text{ \$}$
- ü  $13\,071 \text{ kWh} \times 0,35 \text{ \$/kWh} = 4\,575 \text{ \$}$
- ü Subvention totale HQ = 6 745 \$

### **Caserne des pompiers de Grosse-Île**

- Ø Projet de remplacement de kWh par des kWh
- Ø Consommation annuelle de kWh : 44 000 kWh
- Ø Économie annuelle de kWh : 21 429
- Ø  $Q_{\text{annuelle actuelle}} = 102\,390\,000 \text{ BTU} = 108 \text{ GJ}$
- Ø  $Q_{\text{annuelle Géothermie}} = 29\,254\,000 \text{ BTU} = 31 \text{ GJ}$
- Ø Économie annuelle de GJ = 77
- Ø Subvention estimée de l'OEE =  $77 \text{ GJ} \times 7,50 \text{ \$/GJ} = 577 \text{ \$}$

- Ø Subvention estimée d'HQ = 5 190 \$
- Ø Subvention totale estimée = **5 767 \$**

Subvention HQ :

- ü 4 400 kWh X 0,05 \$/kWh = 220 \$
- ü 6 600 kWh X 0,20 \$/kWh = 1 320 \$
- ü 10 429 kWh X 0,35 \$/kWh = 3 650
- ü Subvention totale HQ = 5 190 \$

### **Caserne des pompiers de Havre-Aubert**

- Ø Projet de remplacement de kWh par des kWh
- Ø Consommation annuelle de kWh : 26 171 kWh
- Ø Économie annuelle de kWh : 12 857
- Ø  $Q_{\text{annuelle actuelle}} = 61\,434\,000 \text{ BTU} = 65 \text{ GJ}$
- Ø  $Q_{\text{annuelle Géothermie}} = 17\,553\,000 \text{ BTU} = 19 \text{ GJ}$
- Ø Économie annuelle de GJ = 46
- Ø Subvention estimée de l'OEE =  $46 \text{ GJ} \times 7,50 \text{ \$/GJ} = 345 \text{ \$}$
- Ø Subvention estimée d'HQ = 3 126 \$
- Ø Subvention totale estimée = **3 471 \$**

Subvention HQ :

- ü 2 617 kWh X 0,05 \$/kWh = 131 \$
- ü 3 926 kWh X 0,20 \$/kWh = 785 \$
- ü 6 314 kWh X 0,35 \$/kWh = 2 210
- ü Subvention totale HQ = 3 126 \$

### **Centre de traitement des déchets de Havre-aux-Maisons**

- Ø Projet de remplacement d'huile 2 et de kWh par des kWh
- Ø Économie annuelle de kWh : 6 786
- Ø Subvention HQ : 0 \$ (économie plus petit que 10 000 kWh/an)
- Ø  $Q_{\text{annuelle actuelle}} = 171\,009\,000 \text{ BTU} = 180 \text{ GJ}$
- Ø  $Q_{\text{annuelle Géothermie}} = 48\,860\,000 \text{ BTU} = 52 \text{ GJ}$
- Ø Économie annuelle de GJ = 128
- Ø Subvention estimée de l'OEE =  $128 \text{ GJ} \times 7,50 \text{ \$/GJ} = 960 \text{ \$}$
- Ø Subvention totale estimée = **960 \$**

### **Bureau Municipal de Grosse-Île**

- Ø Projet de remplacement de kWh par des kWh
- Ø Consommation annuelle de kWh : 52 000 kWh
- Ø Économie annuelle de kWh : 17 857
- Ø  $Q_{\text{annuelle actuelle}} = 85\,325\,000 \text{ BTU} = 90 \text{ GJ}$

- Ø  $Q_{\text{annuelle Géothermie}} = 24\,379\,000 \text{ BTU} = 26 \text{ GJ}$
- Ø Économie annuelle de GJ = 64
- Ø Subvention estimée de l'OEE =  $64 \text{ GJ} \times 7,50 \text{ \$/GJ} = 480 \text{ \$}$
- Ø Subvention estimée d'HQ = 3 520 \$
- Ø Subvention totale estimée = **4 000 \$**

Subvention HQ :

- ü  $5\,200 \text{ kWh} \times 0,05 \text{ \$/kWh} = 260 \text{ \$}$
- ü  $800 \text{ kWh} \times 0,20 \text{ \$/kWh} = 1\,600 \text{ \$}$
- ü  $4\,857 \text{ kWh} \times 0,35 \text{ \$/kWh} = 1\,700 \text{ \$}$
- ü Subvention totale HQ = 3 520 \$

## Annexe 5

Estimé des coûts totaux d'un projet géothermique  
Par type de système – boucles fermée ou ouverte

## Hypothèses de travail :

- Ø Le coût pour le forage a été estimé à 17 \$/pied avant taxes
- Ø Il n'y a aucune taxes de payées par la municipalité pour les arénas et la piscine ;  
Pour les autres bâtiments, la municipalité récupère seulement la TPS ;

### **Centre Civique (mairie) - Cap aux Meules et Maison de la Culture - Havre-aux-Maisons**

- Ø Besoin en géothermie : 400 000 BTU/h
- Ø Besoin de 8 puits de 600 pieds (boucle fermée)
- Ø Estimé des coûts de forage : 80 000 \$ (boucle fermée), 7 000 \$ (boucle ouverte)
- Ø Estimé des coûts pour la pompe à chaleur : 50 000 \$
- Ø Estimé des coûts d'installation : 50 000 \$
- Ø Coûts d'ingénierie : 15 000 \$
- Ø Estimé des coûts totaux du projet : **210 000 \$ avec taxes** (boucle fermée), **131 000 \$** (boucle ouverte)

### **Aréna Municipal Havre-aux-Maisons**

- Ø Besoin en géothermie : 230 000 BTU/h
- Ø Besoin de 4 puits de 600 pieds (boucle fermée)
- Ø Estimé des coûts de forage : 40 000 \$ (boucle fermée), 7 000 \$ (boucle ouverte)
- Ø Estimé des coûts pour la pompe à chaleur : 26 000 \$
- Ø Estimé des coûts d'installation : 25 000 \$
- Ø Coûts d'ingénierie : 9 000 \$
- Ø Estimé des coûts totaux du projet : **100 000 \$ avec taxes** (boucle fermée), **63 000 \$** (boucle ouverte)

### **Centre récréatif de l'Étang-du-Nord**

- Ø Besoin en géothermie : 300 000 BTU/h
- Ø Besoin de 6 puits de 600 pieds (boucle fermée)
- Ø Estimé des coûts de forage : 50 000 \$ (boucle fermée), 7 000 \$ (boucle ouverte)
- Ø Estimé des coûts pour la pompe à chaleur : 35 000 \$
- Ø Estimé des coûts d'installation : 42 000 \$
- Ø Coûts d'ingénierie : 13 000 \$
- Ø Estimé des coûts totaux du projet : **151 000 \$ avec taxes** (boucle fermée), **104 000 \$** (boucle ouverte)

### **Centre Multifonctionnel - Île-du-Havre-Aubert et Piscine Régionale de l'Étang-du-Nord**

- Ø Besoin en géothermie : 500 000 BTU/h
- Ø Besoin de 10 puits de 600 pieds (boucle fermée)

- Ø Estimé des coûts de forage : 90 000 \$ (boucle fermée), 7 000 \$ (boucle ouverte)
  - Ø Estimé des coûts pour la pompe à chaleur : 57 000 \$
  - Ø Estimé des coûts d'installation : 63 000 \$
  - Ø Coûts d'ingénierie : 15 000 \$
  - Ø Estimé des coûts totaux du projet : **225 000 \$** (boucle fermée), **142 000 \$** (boucle ouverte)
- pour la piscine régional et 242 000 \$ (boucle fermée), 153 000 \$ (boucle ouverte)  
pour le Centre Multifonctionnel (montant avec taxes)**

### Capitol de l'Est

- Ø Besoin en géothermie : 128 000 BTU/h
- Ø Besoin de 3 puits de 600 pieds (boucle fermée)
- Ø Estimé des coûts de forage : 20 000 \$ (boucle fermée), 7 000 \$ (boucle ouverte)
- Ø Estimé des coûts pour la pompe à chaleur : 15 000 \$
- Ø Estimé des coûts d'installation : 20 000 \$
- Ø Coûts d'ingénierie : 5 000 \$
- Ø Estimé des coûts totaux du projet : **65 000 \$ avec taxes** (boucle fermée), **51 000 \$** (boucle ouverte)

### Bureau des Loisirs et Bibliothèque de l'Étang-du-Nord

- Ø Besoin en géothermie : 30 000 BTU/h
- Ø Besoin de 1 puit de 600 pieds (boucle fermée)
- Ø Estimé des coûts de forage : 5 000 \$
- Ø Estimé des coûts pour la pompe à chaleur : 5 000 \$
- Ø Estimé des coûts d'installation : 12 000 \$
- Ø Coûts d'ingénierie : 3 000 \$
- Ø Estimé des coûts totaux du projet : **27 000 \$** (boucle ouverte ou fermée)
- Ø

### Aréna Wendell Chiasson

- Ø Besoin en géothermie : 15 000 BTU/h
- Ø Besoin de 1 puit de 600 pieds (boucle fermée)
- Ø Estimé des coûts de forage : 5 000 \$
- Ø Estimé des coûts pour la pompe à chaleur : 4 000 \$
- Ø Estimé des coûts d'installation : 8 000 \$
- Ø Coûts d'ingénierie : 2 000 \$
- Ø Estimé des coûts totaux du projet : **20 000 \$ avec taxes** (boucle ouverte ou fermée)

### Colisé Albert Aubin

- Ø Besoin en géothermie : 450 000 BTU/h
- Ø Besoin de 9 puits de 600 pieds (boucle fermée)
- Ø Estimé des coûts de forage : 80 000 \$, (boucle fermée), 7 000 \$ (boucle ouverte)
- Ø Estimé des coûts pour la pompe à chaleur : 50 000 \$

- Ø Estimé des coûts d'installation : 30 000 \$
- Ø Coûts d'ingénierie : 15 000 \$
- Ø Estimé des coûts totaux du projet : **185 000 \$ avec taxes** (boucle fermée), **110 000 \$** (boucle ouverte)

### **Salle Municipale de Fatima**

- Ø Besoin en géothermie : 280 000 BTU/h
- Ø Besoin de 6 puits de 600 pieds (boucle fermée)
- Ø Estimé des coûts de forage : 45 000 \$ (boucle fermée), 7 000 \$ (boucle ouverte)
- Ø Estimé des coûts pour la pompe à chaleur : 30 000 \$
- Ø Estimé des coûts d'installation : 16 000 \$
- Ø Coûts d'ingénierie : 9 000 \$
- Ø Estimé des coûts totaux du projet : **108 000 \$ avec taxes** (boucle fermée), **67 000 \$** (boucle ouverte)

### **Ancienne école Marguerite d'Youville**

- Ø Besoin en géothermie : 400 000 BTU/h
- Ø Besoin de 8 puits de 600 pieds (boucle fermée)
- Ø Estimé des coûts de forage : 80 000 \$ (boucle fermée), 7 000 \$ (boucle ouverte)
- Ø Estimé des coûts pour la pompe à chaleur : 50 000 \$
- Ø Estimé des coûts d'installation : 25 000 \$
- Ø Coûts d'ingénierie : 15 000 \$
- Ø Estimé des coûts totaux du projet : **184 000 \$ avec taxes** (boucle fermée), **105 000 \$** (boucle ouverte)

### **Garage Municipal de Fatima, de l'Étang-du-Nord et de Havre-aux-Maisons**

- Ø Besoin en géothermie : 300 000 BTU/h
- Ø Besoin de 6 puits de 600 pieds (boucle fermée)
- Ø Estimé des coûts de forage : 50 000 \$ (boucle fermée), 7 000 \$ (boucle ouverte)
- Ø Estimé des coûts pour la pompe à chaleur : 33 000 \$
- Ø Estimé des coûts d'installation : 16 000 \$
- Ø Coûts d'ingénierie : 9 000 \$
- Ø Estimé des coûts totaux du projet : **117 000 \$ avec taxes** (boucle fermée), **70 000 \$** (boucle ouverte)

### **Garage Municipal de Havre-Aubert**

- Ø Besoin en géothermie : 250 000 BTU/h
- Ø Besoin de 5 puits de 600 pieds (boucle fermée)
- Ø Estimé des coûts de forage : 40 000 \$ (boucle fermée), 7 000 \$ (boucle ouverte)
- Ø Estimé des coûts pour la pompe à chaleur : 27 000 \$
- Ø Estimé des coûts d'installation : 10 000 \$
- Ø Coûts d'ingénierie : 8 000 \$



- Ø Estimé des coûts totaux du projet : **85 000 \$** (boucle fermée), **52 000 \$** (boucle ouverte)

### **Caserne des pompiers de Cap-aux-Meules et Grosse-Île**

- Ø Besoin en géothermie : 100 000 BTU/h
- Ø Besoin de 2 puits de 600 pieds (boucle fermée)
- Ø Estimé des coûts de forage : 17 000 \$ (boucle fermée), 7 000 \$ (boucle ouverte)
- Ø Estimé des coûts pour la pompe à chaleur : 10 000 \$
- Ø Estimé des coûts d'installation : 8 000 \$
- Ø Coûts d'ingénierie : 3 000 \$
- Ø Estimé des coûts totaux du projet : **41 000 \$ avec taxes** (boucle fermée), **30 000 \$** (boucle ouverte)

### **Caserne des pompiers de Havre-Aubert**

- Ø Besoin en géothermie : 50 000 BTU/h
- Ø Besoin de 1 puit de 600 pieds (boucle fermée)
- Ø Estimé des coûts de forage : 8 000 \$
- Ø Estimé des coûts pour la pompe à chaleur : 5 000 \$
- Ø Estimé des coûts d'installation : 6 000 \$
- Ø Coûts d'ingénierie : 2 000 \$
- Ø Estimé des coûts totaux du projet : **23 000 \$ avec taxes** (boucle ouverte ou fermée)

### **Centre de traitement des déchets de Havre-aux-Maisons**

- Ø Besoin en géothermie : 120 000 BTU/h
- Ø Besoin de 2 puits de 600 pieds (boucle fermée)
- Ø Estimé des coûts de forage : 20 000 \$ (boucle fermée), 7 000 \$ (boucle ouverte)
- Ø Estimé des coûts pour la pompe à chaleur : 13 000 \$
- Ø Estimé des coûts d'installation : 7 000 \$
- Ø Coûts d'ingénierie : 4 000 \$
- Ø Estimé des coûts totaux du projet : **48 000 \$ avec taxes** (boucle fermée), **34 000 \$** (boucle ouverte)

### **Bureau Municipal de Grosse-Île**

- Ø Besoin en géothermie : 60 000 BTU/h
- Ø Besoin de 1 puits de 600 pieds (boucle fermée)
- Ø Estimé des coûts de forage : 10 000 \$ (boucle fermée), 7 000 \$ (boucle ouverte)
- Ø Estimé des coûts pour la pompe à chaleur : 7 000 \$
- Ø Estimé des coûts d'installation : 25 000 \$
- Ø Coûts d'ingénierie : 4 000 \$
- Ø Estimé des coûts totaux du projet : **50 000 \$ avec taxes** (boucle fermée), **46 000 \$** (boucle ouverte)