

NOTE

DESTINATAIRE : M. Normand Boulianne, chef de service
Service de l'aménagement et des eaux souterraines de la
Direction des politiques de l'eau

DATE : Le 14 février 2012

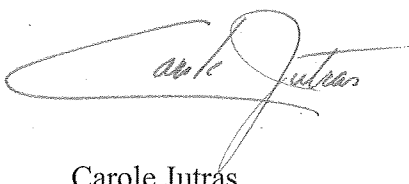
OBJET : Avis technique portant sur la problématique potentielle de
dessalement des eaux aux Îles-de-la-Madeleine

N/Réf. : SCW-761066

Vous trouverez ci-joint l'avis technique produit par le Service des eaux municipales
concernant le dossier précité. Cet avis a été rédigé par M. Donald Ellis.

Pour un complément d'information, n'hésitez pas à communiquer avec M. Ellis, au
numéro 418 521-3885, poste 7066.

La chef de service,



Carole Jutras

p. j.

AVIS TECHNIQUE

DESTINATAIRE : M^{me} Carole Jutras
Chef de service
Service des eaux municipales

DATE : Le 14 février 2012

OBJET : Avis technique portant sur la problématique potentielle de
dessalement des eaux aux Îles-de-la-Madeleine

N/Réf. : SCW-761066

1. Contexte de la demande

Dans le cadre de l'exploitation des ressources naturelles dans le secteur des Îles-de-la-Madeleine, le ministre, monsieur Pierre Arcand, va confier au Bureau d'audiences publiques sur l'environnement (BAPE) un mandat d'enquête sur les impacts possibles de cette exploitation sur les eaux souterraines des îles. Un des impacts anticipés est la perte de l'usage de l'eau douce souterraine qui sert actuellement d'approvisionnement en eau potable pour les résidents. À cet effet, le Service de l'aménagement et des eaux souterraines (SAES) fait appel au Service des eaux municipales (SEM) afin d'obtenir un avis sur les impacts techniques et économiques de recourir à l'eau souterraine saumâtre, ou même à l'eau de mer, pour assurer l'approvisionnement en eau potable des résidents des Îles-de-la-Madeleine.

2. Documents consultés par le SEM

Afin de produire le présent avis, le SEM a tenu compte des éléments suivants :

- Chevrier, A. – Genivar, Mise aux normes de l'approvisionnement et distribution de l'eau potable de Harrington Harbour – Rapport de conception préliminaire, n°. Q118168, 9 mars 2010, 72 pages;

- Chevrier, A. – Genivar, Mise aux normes de l’approvisionnement et distribution de l’eau potable de Harrington Harbour – Rapport de conception préliminaire, n°. Q118168, 29 juin 2011, 294 pages;
- Ministère des Affaires municipales, des Régions et de l’Occupation du territoire (MAMROT), Répertoire des municipalités, document disponible sur le site Internet du MAMROT à l’adresse suivante : <http://www.mamrot.gouv.qc.ca/repertoire-des-municipalites/utilisation-du-repertoire/>;
- Ministère du Développement durable, de l’Environnement et des Parcs (MDDEP), Répertoire des stations municipales de production d’eau potable approvisionnées en eau souterraine, document disponible sur le site Internet du MDDEP à l’adresse suivante : http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/potable/production/index_st.asp, Mise à jour le 30 mars 2011;
- Ministère du Développement durable, de l’Environnement et des Parcs (MDDEP), Répertoire de tous les réseaux municipaux de distribution d’eau potable, document disponible sur le site Internet du MDDEP à l’adresse suivante : <http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/potable/distribution/index.asp>, Mise à jour en novembre 2011;
- Santé Canada, Recommandation pour la qualité de l’eau potable au Canada – Le sodium, document disponible sur le site Internet de Santé Canada à l’adresse suivante : <http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-sent/pubs/water-eau/sodium/index-fra.php>, Mise à jour en décembre 1992.

3. Analyse et commentaires

3.1 Mise en contexte

L’exploitation des ressources naturelles au Québec suscite présentement beaucoup d’intérêt et demeure une activité industrielle sous haute surveillance. Dans ce contexte, les Îles-de-la-Madeleine sont des territoires qui représentent un potentiel d’exploitation intéressant. Par contre, c’est un milieu qui est considéré comme précaire, notamment par la rareté de l’eau douce. Étant situé en plein cœur du Golfe Saint-Laurent, l’apport d’eau douce se limite aux précipitations qui surviennent sur le territoire des îles. Pour éviter l’intrusion souterraine de l’eau saline provenant du golfe, les activités de pompage de l’eau souterraine sont encadrées de façon serrée. À titre d’exemple, les Îles-de-la-Madeleine constituent une zone particulière dans le *Règlement sur le captage des eaux souterraines* où tout projet d’exploitation d’eaux souterraines est subordonné à l’autorisation du ministre.

L’exploitation des ressources naturelles sur le territoire des Îles-de-la-Madeleine pourrait potentiellement compromettre l’usage de l’eau douce comme source d’eau potable pour les résidents des îles, soit par une contamination, soit par une

surexploitation qui provoquerait la remontée du front salin. L'objet du présent avis est d'évaluer les impacts pour les résidents des Îles-de-la-Madeleine s'ils devaient utiliser de l'eau souterraine saumâtre ou de l'eau de mer comme source d'approvisionnement en eau potable.

3.2 Situation actuelle

La population des Îles-de-la-Madeleine est présentement desservie en eau potable exclusivement par de l'eau douce souterraine. En plus de nombreux puits individuels, on retrouve aux îles 3 réseaux de distribution municipaux distincts : Havre-Aubert, Havre-aux-Maisons et Île Centrale. Ces 3 réseaux desservent environ 11 000 personnes sur une population résidente estimée à 12 500 personnes. Ces réseaux sont alimentés avec de l'eau douce souterraine qui ne subit aucun traitement, sauf pour le réseau de l'Île Centrale (6600 personnes) où l'eau douce souterraine est simplement chlorée. On retrouve aussi un poste d'approvisionnement à Pointe-de-Grande-Entrée (saisonnier), approvisionné aussi en eau douce souterraine qui ne subit aucun traitement. Les résidents des îles jouissent donc d'une eau douce souterraine d'une excellente qualité qui répond aux exigences du *Règlement sur la qualité de l'eau potable* (RQEP) et ce, sans traitement, ou avec un traitement minimal.

3.3 Impacts d'un approvisionnement en eau salée pour l'eau potable

Que ce soit à la suite de l'exploitation des ressources naturelles ou pour toute autre raison, s'il advenait que les résidents des îles n'aient plus accès à l'eau douce souterraine comme source d'approvisionnement en eau potable, il y a quelques alternatives qui pourraient être envisagées : transport d'eau douce, traitement de l'eau de mer, etc. Parmi celles-ci, il y en a deux qui sont plus plausibles et qui seront envisagées dans la suite de l'analyse : le traitement de l'eau souterraine saumâtre et le dessalement d'eau de mer.

Les eaux saumâtres et l'eau de mer sont surtout caractérisées par une forte salinité, c'est-à-dire une concentration très élevée de sodium et de chlorures. On retrouve ces ions, y compris certains minéraux tels que le calcium et le magnésium, dans toutes les eaux, même les eaux qu'on qualifie de douces. Ainsi, l'eau des lacs, des rivières et les eaux douces souterraines contiennent une certaine concentration de ces ions qui demeure généralement très faible et très peu perceptible. Toutefois, dans certaines eaux douces souterraines, mais particulièrement dans les eaux saumâtres et l'eau de mer, la salinité atteint un tel point qu'il devient essentiel de traiter cette eau si on veut la distribuer comme eau potable. Les deux sections suivantes présenteront donc les contraintes techniques et les impacts économiques liés au traitement des eaux saumâtres ou au dessalement de l'eau de mer.

3.3.1 Contraintes techniques

Choix d'un procédé

Les eaux saumâtres et l'eau de mer peuvent contenir des concentrations importantes de certains éléments, mais le sodium et les chlorures demeurent ceux qu'on retrouve en

plus grande quantité. On peut retrouver dans l'eau de mer des concentrations de sels dissous, majoritairement du sodium et des chlorures, de plus de 35 000 mg/L. Les eaux saumâtres sont caractérisées par une concentration de sodium et de chlorures plus faibles, mais qui ont des concentrations de sels dissous supérieures à 500 mg/L. Selon Santé Canada, une eau contenant plus de 200 mg/L de sodium devient désagréable au goût. De plus, l'utilisation d'une eau fortement minéralisée aura un impact sur le fonctionnement de certains équipements de plomberie (chauffe-eau, lave-vaisselle, pomme de douche, etc.) en réduisant leur efficacité, en occasionnant des bris ou en réduisant leur durée de vie utile.

Le nombre de techniques qui permettent de réduire la teneur en sodium et en chlorures des eaux saumâtres ou de l'eau de mer est limité, mais elles permettent de réduire aussi la concentration des autres minéraux qu'on pourrait retrouver en forte concentration. Ces techniques sont la distillation (ou évaporation) et les traitements membranaires. La distillation, ou l'évaporation, est une technique de dessalement qui est utilisée généralement dans les pays chauds. Le climat est alors propice pour faciliter la récupération de l'eau évaporée qui est alors exempte de minéraux. Mais il est à peu près impensable d'utiliser une telle technique aux Îles-de-la-Madeleine où la température moyenne annuelle se situe autour de 5 °C. On peut aussi utiliser la distillation à l'échelle résidentielle pour de très petites quantités d'eau, mais cette option est irréaliste si on envisage d'alimenter toute une population de cette façon et pour tous les usages de l'eau. Il ne reste alors que les traitements membranaires.

On classe généralement les procédés membranaires en 4 catégories : la microfiltration, l'ultrafiltration, la nanofiltration et l'osmose inverse. Ces procédés sont caractérisés par l'utilisation de membranes dont la porosité est de plus en plus faible. En fait, au niveau de la nanofiltration et de l'osmose inverse, on considère que les membranes ne sont plus poreuses et que l'eau migre à travers ces membranes par diffusion sous la force de la pression. De ces 4 catégories, les membranes de microfiltration et d'ultrafiltration sont trop poreuses pour être en mesure d'enlever le sodium et les chlorures de l'eau saumâtre ou salée. Au niveau de la nanofiltration, les membranes sont en mesure de retenir le sodium et les chlorures, mais leur niveau d'efficacité variera en fonction de la concentration de l'eau brute. Ainsi, l'efficacité maximale qu'il est possible d'atteindre en nanofiltration pour l'enlèvement du sodium et des chlorures est de l'ordre de 90 à 96 %, ce qui limite son utilisation pour traiter adéquatement des eaux saumâtres (plus de 2000 à 3000 mg/L de sels) ou de l'eau de mer. Il ne reste donc plus que l'osmose inverse qui puisse faire le travail et ce n'est pas surprenant de constater que ce procédé est devenu très répandu à travers le monde pour la production d'eau potable à partir d'eau salée.

Toutefois, la mise en place de l'osmose inverse ne va pas sans complication et les populations qui l'utilisent le font parce qu'elles n'ont pas le choix. Au Québec, les ressources en eau douce sont abondantes et c'est pour cette raison qu'on ne retrouve

aucune installation de dessalement d'eau de mer ou d'eaux saumâtres¹. Jusqu'à aujourd'hui, un seul projet utilisant l'eau de mer comme source d'approvisionnement en eau potable a été envisagé. Il s'agit de la municipalité d'Harrington Harbour qui se trouve dans une situation similaire à celle des Îles-de-la-Madeleine. C'est une île située dans le Golfe du Saint-Laurent où l'eau douce est limitée. De plus, Harrington Harbour ne possède pas des ressources en eau douce souterraine comme celles des Îles-de-la-Madeleine ce qui les oblige à retenir et accumuler l'eau de la fonte des neiges et des précipitations afin de pouvoir s'alimenter en eau potable. Malgré la précarité de l'alimentation en eau douce et la dégradation de sa qualité dans les bassins d'accumulation, et malgré l'abondance de l'eau salée, l'analyse technico-économique a quand même montré qu'il était préférable de tout mettre en œuvre pour conserver un approvisionnement en eau douce plutôt que de se tourner vers l'eau salée.

Prétraitement

Le premier élément qui rend l'utilisation de l'eau salée complexe est la mise en place de prétraitements avant de passer à l'osmose inverse. Selon la nature et la qualité de l'eau brute, ces prétraitements seront plus ou moins nombreux et de complexité variable.

En présence d'une eau souterraine de bonne qualité, mais qui serait devenue saumâtre, le prétraitement pourrait se limiter à l'ajout d'un agent antitartre. Les agents antitartres sont conçus pour maintenir les minéraux sous forme dissoute dans l'eau afin d'éviter qu'ils précipitent sur les membranes et les colmatent de façon irréversible. L'utilisation d'un antitartre est essentielle en osmose inverse étant donné la concentration des minéraux dans l'eau brute.

Par ailleurs, si la qualité de l'eau souterraine subit une dégradation importante en plus d'une augmentation de la salinité, ou si on s'oriente vers un approvisionnement par l'eau de mer, d'autres prétraitements devraient être ajoutés en plus de l'injection de l'agent antitartre. Ces prétraitements varieront selon la nature de la dégradation :

- préfiltration selon la taille et la quantité de particules présentes. Cette préfiltration peut aller d'une simple filtration sur cartouche à la mise en place d'une ultrafiltration, avec ou sans coagulation préalable. L'ultrafiltration avec coagulation, précédée d'une filtration grossière, devient nécessaire si on s'oriente vers un approvisionnement par l'eau de mer;
- ajout de chlore pour éviter le développement d'une biomasse sur les membranes d'ultrafiltration si elles sont utilisées. Cet ajout de chlore devra inclure aussi une déchloration après les membranes d'ultrafiltration pour éviter de retrouver du chlore sur les membranes d'osmose inverse pour ne pas les détériorer et réduire ainsi leur efficacité;

¹ De très rares installations d'eau potable au Québec traitent une eau ayant une concentration de solides dissous supérieure à 500 mg/L, mais aucune ne traite une eau ayant une concentration supérieure à 1000 mg/L.

- s'il advenait que l'eau souterraine comporte des quantités appréciables de fer ou de manganèse, il pourrait devenir nécessaire de mettre en place un traitement spécifique pour ne pas que ces métaux affectent le travail de l'agent antitartre et le fonctionnement des membranes d'osmose inverse;
- d'autres prétraitements seraient à prévoir en fonction de la nature des contaminants si la qualité des eaux souterraines était altérée, ce qui pourrait être le cas, par exemple, lors de l'exploitation de ressources naturelles.

Mise en place de l'osmose inverse

À la suite des prétraitements, la mise en place de l'osmose inverse peut s'avérer relativement simple. La principale contrainte de l'osmose inverse pour les eaux saumâtres ou salées est que ce procédé n'a pas un taux de production très élevé. Il requiert donc une quantité d'eau brute largement supérieure à la quantité d'eau potable à produire. Mais l'abondance de l'eau salée à proximité n'impose pas une contrainte importante.

Toutefois, la mise en place de l'osmose inverse dans le cas particulier des Îles-de-la-Madeleine induit des contraintes supplémentaires très importantes. La contrainte la plus importante est liée à la température de l'eau. L'environnement climatique des Îles-de-la-Madeleine fait en sorte que le traitement devra se faire régulièrement avec de l'eau très froide, pouvant même aller sous le point de congélation². La température froide de l'eau aura un impact sur le dimensionnement de l'équipement (plus de membranes) et sur la quantité d'énergie (plus d'énergie) à utiliser pour produire de l'eau. De plus, si l'eau ne se réchauffe pas suffisamment pendant le traitement, il pourrait se former des cristaux de glace du côté de l'eau traitée plus douce ce qui pourrait occasionner des problèmes importants d'écoulement (diminution du diamètre des conduites, frasil, bris, etc.). Pour éviter ces problèmes importants, il deviendra probablement essentiel de chauffer un peu l'eau pendant les périodes les plus froides de l'année.

Les autres contraintes supplémentaires reliées à la mise en place de l'osmose inverse aux Îles-de-la-Madeleine sont d'ordre opérationnel. L'exploitation d'un tel système nécessitera la présence constante d'une main-d'œuvre spécialisée qu'il faudra embaucher. De plus, cette main-d'œuvre devra faire avec le fait qu'il n'existe aucune autre installation comparable au Québec, ce qui augmente le nombre de variables inconnues de façon importante. Finalement, l'éloignement de cette région augmente les risques entourant l'implantation et l'exploitation d'un tel système car l'accès aux ressources spécialisées est très limité et très contraignant.

² La température de congélation de l'eau diminue en fonction de sa concentration en sel et peut descendre jusqu'à -1,9 °C pour de l'eau de mer à 35 000 mg/L de sel. À cette température, la glace commence à se former, mais on peut retrouver un mélange solide liquide jusqu'à une température inférieure à -20 °C.

Post-traitement

Une fois que l'eau aura été traitée par l'osmose inverse, elle sera dépouillée de la presque totalité de ses minéraux. Ce sera donc une eau déminéralisée qui se situera à un pH plutôt acide. Ces deux caractéristiques doivent être corrigées avant la distribution de l'eau potable. Il faudra donc reminéraliser l'eau et augmenter son pH. Ceci peut être fait en ajoutant un seul produit (soude caustique par exemple) ou plusieurs selon les caractéristiques de l'eau que l'on cherche à atteindre.

La dernière étape de traitement qui pourrait être mise en place est une désinfection de l'eau. Dans le cas où l'approvisionnement est assuré par l'eau souterraine saumâtre, cette désinfection pourrait être minimale et consister en une simple chloration. Par contre, si l'eau provient de la mer, cette désinfection devra rencontrer les exigences prévues au RQEP. Il pourrait alors être requis d'installer une désinfection par rayonnement UV en plus de la chloration.

Prise d'eau

Pour terminer, il y a aussi la question de la prise d'eau. Si l'approvisionnement est assuré par l'eau souterraine saumâtre, cette question se résout simplement car les équipements en place peuvent continuer d'être utilisés. Une vérification doit par contre être faite pour s'assurer que les matériaux utilisés sont résistants à la corrosion qui peut se développer en présence d'eau saumâtre. Toutefois, si l'approvisionnement se fait à partir de l'eau de mer, la conception et la réalisation de la prise d'eau deviennent beaucoup plus complexes. Afin de s'assurer que la prise d'eau sera durable et efficace, plusieurs éléments sont à prendre en considération, dont en voici quelques-uns :

- être à l'abri des dommages qui pourraient être provoqués par les glaces;
- être conçue pour éviter l'ensablement et le frasil (dépôt de glace qui pourrait obstruer l'entrée d'eau);
- être conçue pour que l'ensemble de la prise d'eau et de la conduite d'amenée n'affecte pas le fond marin après la construction;
- être positionnée en fonction des courants marins pour éviter d'être contaminée par les activités à proximité;
- être accessible pour entretien tout en étant à l'abri du vandalisme;
- prévoir à chauffer la conduite d'amenée, si elle n'est pas enfouie, pour prévenir le gel;
- être conçue avec des matériaux résistants à la corrosion en présence d'eau de mer, etc.

3.3.2 Impacts économiques

Les impacts techniques décrits précédemment auront bien sûr un impact sur les coûts en lien avec le traitement des eaux saumâtres ou salées pour la production d'eau potable pour les Îles-de-la-Madeleine. Il existe très peu de projets au Québec où le dessalement

a été envisagé et, encore une fois, le projet de la municipalité d'Harrington Harbour nous donne un aperçu des impacts économiques liés au dessalement.

Dans son rapport préliminaire en lien avec le projet d'Harrington Harbour, le consultant Genivar présente une estimation du coût d'implantation des travaux. Le projet d'Harrington Harbour comportait aussi des éléments particuliers de sorte qu'il est difficile de prendre intégralement l'estimation de Genivar pour l'appliquer au projet des Îles-de-la-Madeleine. Toutefois, cette estimation nous permet d'avoir une idée des coûts qui pourraient être impliqués.

Si on considère seulement le traitement de l'eau avec un prétraitement simple (anti-tartre), une alimentation en eau souterraine saumâtre (équipements de pompage déjà en place) et les éléments qui leur sont connexes (conduite d'amenée, bâtiment, mécanique de procédé, pompes, électricité, génératrice, instrumentation, ventilation, réserve de produits chimiques, transport, organisation, imprévus, frais incidents, frais de laboratoire et taxes), le projet d'Harrington Harbour montre que le coût d'implantation serait de l'ordre de 4,5 M\$ pour une population de 300 personnes. S'il faut ajouter des prétraitements et si l'approvisionnement se fait à partir de l'eau de mer (prise d'eau à implanter), le coût d'implantation serait plutôt de l'ordre de 7,5 M\$ et ce, toujours pour une population de 300 personnes.

La population résidente des Îles-de-la-Madeleine est 40 fois plus élevée que celle d'Harrington Harbour. Il y aura certainement des économies d'échelle en passant d'un projet de 300 personnes à un projet de 12 500 personnes, mais les coûts d'implantation seront quand même très élevés. Il est difficile d'avoir un estimé précis, mais il faut s'attendre à ce que la facture totale d'implantation soit bien au-delà de 100 M\$.

En plus des coûts d'implantation, il faut aussi prendre en considération les coûts récurrents d'exploitation, d'entretien et de renouvellement des équipements. Toujours dans le projet d'Harrington Harbour et toujours pour une population de 300 personnes, le consultant Genivar estime que le traitement de l'eau douce (et non de l'eau salée) exigera des sommes annuelles de l'ordre de 60 000\$ à 70 000\$³. On peut penser qu'un traitement pour de l'eau saumâtre ou salée aura des coûts d'exploitation au moins du même ordre de grandeur. Ce qui fait qu'il serait difficile de s'en sortir en bas de 1 M\$ par année pour exploiter un traitement par osmose inverse aux Îles-de-la-Madeleine.

³ Ces coûts incluent un montant annuel pour le renouvellement des membranes dont la durée de vie est estimée à 5 ans par le consultant.

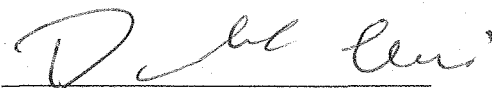
4. Recommandations

Les résidents des Îles-de-la-Madeleine jouissent actuellement d'une eau douce souterraine d'une grande qualité qui peut être distribuée comme eau potable sans traitement, ou avec très peu de traitement. Cette ressource d'une grande qualité leur permet de s'alimenter en eau potable à très faible coût.

S'il advenait que l'eau douce souterraine ne soit plus disponible pour l'alimentation en eau potable et ce, peu importe la raison, l'eau souterraine saumâtre ou l'eau de mer serait l'alternative la plus probable. Cette situation impliquerait la mise en place d'équipements de traitement beaucoup plus complexe que ceux utilisés actuellement et occasionnerait des coûts d'implantation et d'exploitation très élevés.

Dans l'analyse du projet en eau de mer d'Harrington Harbour, le consultant Genivar indique que les coûts d'immobilisation élevés, les coûts annuels d'exploitation prohibitifs et la complexité des équipements de traitement envisagés ont mené tous les intervenants en lien avec ce dossier à prioriser le maintien de l'eau douce comme source d'approvisionnement en eau potable et ce, malgré les contraintes majeures liées à la quantité d'eau disponible. Le SEM ne peut qu'en arriver à cette même conclusion dans le cas des Îles-de-la-Madeleine.

Mais au-delà de la complexité et des coûts des équipements de traitement, le principe de base de l'alimentation en eau potable est de s'approvisionner à partir de la source d'eau de la meilleure qualité possible. Il ne fait nul doute que la meilleure source d'eau des Îles-de-la-Madeleine est celle que les résidents utilisent actuellement. Même en mettant en place et en finançant les meilleurs traitements disponibles sur une source d'eau saumâtre ou d'eau salée, il sera difficile, voire impossible, de retrouver cette même qualité d'eau.



Donald Ellis, ing.

