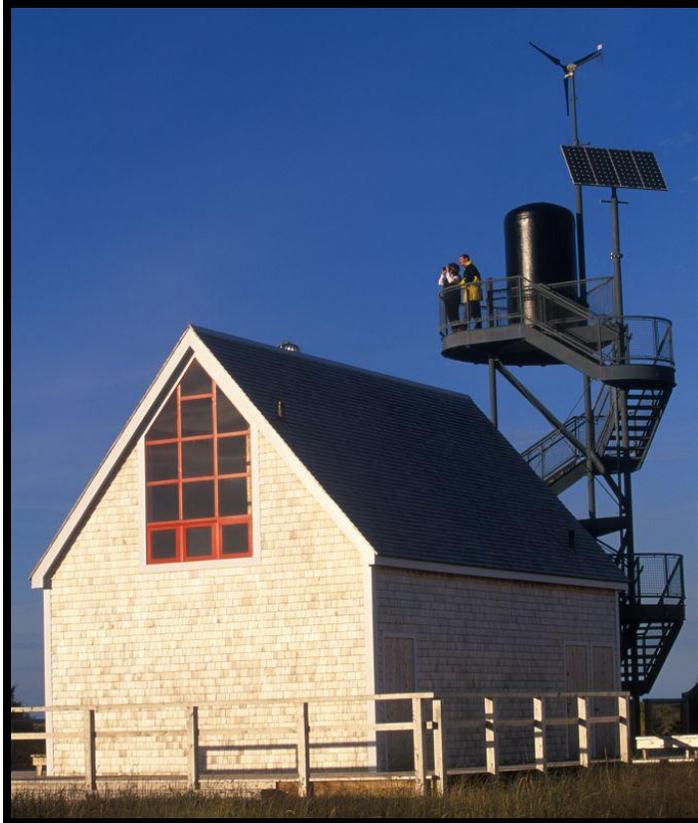




Parcs
Canada

Parks
Canada



Guide provisoire pour:

Premières étapes de
planification et
évaluation
environnementale des
projets d'énergie
renouvelable à petite
échelle

Agence
Parcs
Canada
2011



Remerciements

Ce document d'orientation a été préparé par Parcs Canada d'après les travaux réalisés par Cynthia Ball au parc national du Canada Jasper. Des employés de Parcs Canada, notamment des praticiens en évaluation environnementale, du personnel chargé de la gestion des biens et du personnel sur le terrain ont aussi apporté des commentaires et offert des conseils.

Ces directives sont basées sur les données scientifiques actuelles et la meilleure information disponible, mais elles sont sujettes à révision au fur et à mesure que de nouveaux renseignements seront disponibles. Au besoin, elles seront révisées et mises à jour.

Table des matières

1	INTRODUCTION	7
1.1	L'objectif du présent guide	7
1.2	Comment utiliser ce guide	8
2	CONTEXTE POLITIQUE	9
2.1	Engagement du gouvernement fédérale en matière de développement durable	9
2.2	Politique de Parcs Canada	10
3	PLANIFICATION ET MISE EN ŒUVRE D'UN PROJET D'ÉNERGIE RENOUVELABLE À PETITE ÉCHELLE	11
3.1	Évaluer l'utilisation d'énergie sur le site	12
3.1.1	Effectuer une vérification de la consommation d'énergie et élaborer un plan de gestion de l'énergie.....	12
3.1.2	Améliorer l'efficacité énergétique du site	12
3.1.3	Évaluer les besoins futurs	13
3.2	Examiner et évaluer les options en matières de système d'énergie renouvelable.....	14
3.2.1	Établir les options et les éléments du système d'énergie renouvelable	14
3.2.2	Déterminer la pertinence des technologies en relation avec trois éléments du mandat de Parcs Canada	15
3.2.3	Effectuer une analyse de faisabilité.....	16
3.2.4	Choisir le système d'énergie renouvelable privilégié	16
3.3	Planifier le projet.....	17
3.3.1	Réunir des renseignements de base et préparer la description du projet.....	17
3.3.2	Réaliser une évaluation environnementale.....	18
3.3.3	Obtenir les approbations requises aux fins du projet	20
3.4	Mettre en œuvre le projet	20
3.4.1	Mettre en œuvre des mesures d'atténuation et assurer une surveillance de suivi	20
4	GUIDE SUR LES TECHNOLOGIES D'ÉNERGIE RENOUVELABLE	23
4.1	Technologie solaire passive.....	23
4.1.1	Considérations particulières liées à la planification de projets pour la technologie solaire passive	26
4.1.2	Avantages de la technologie solaire passive	26
4.1.3	Exemple actuels d'utilisation de la technologie solaire passive.....	26
4.2	Systèmes de chauffage solaire de l'eau	29

4.2.1	Considérations particulières liées à la planification de projets pour les systèmes de chauffage solaire de l'eau	30
4.2.2	Avantages des systèmes de chauffage solaire de l'eau	30
4.2.3	Exemples actuels de systèmes de chauffage solaire de l'eau	31
4.3	Unités photovoltaïques	36
4.3.1	Considérations particulières liées à la planification de projets pour les systèmes photovoltaïques	38
4.3.2	Avantages liés à l'utilisation d'un système photovoltaïque	39
4.3.3	Exemples actuels d'utilisation de systèmes de panneaux photovoltaïques	40
4.4	Thermopompes géothermiques	45
4.4.1	Considérations particulières liées à la planification de projets pour les thermopompes géothermiques	47
4.4.2	Avantages liés à l'utilisation des thermopompes géothermiques	47
4.4.3	Exemples actuels d'utilisation de systèmes géothermiques	48
4.5	Microcentrales hydroélectriques	53
4.5.1	Considérations particulières liées à la planification de projets pour les microcentrales hydroélectriques	55
4.5.2	Législation particulière liée aux microcentrales hydroélectriques	56
4.5.3	Avantages d'une microcentrale hydroélectrique	57
4.5.4	Exemples actuels de microcentrales hydroélectriques	57
4.6	Systèmes éoliens	62
4.6.1	Considérations particulières liées à la planification de projets pour les éoliennes	63
4.6.2	Avantages liés à l'utilisation du vent comme source d'énergie	63
4.6.3	Exemples actuels d'éoliennes	64
5	RÉFÉRENCES	70

Liste des annexes

[Annexe A](#): Glossaire

[Annexe B](#): Orientation optimale des panneaux

[Annexe C](#): Utiliser un abaque d'ensoleillement

[Annexe D](#): Études de cas

[Annexe E](#): Liste des coordonnées de Parcs Canada pour obtenir de l'information sur les projets

Liste des études de cas

[Étude de cas 1](#): Solar Hot Water Heating System at Kejimikujik National Park and National Historic Site, Nova Scotia

[Étude de cas 2](#): Maligne Lake Station Hybrid Solar PV Power System

[Étude de cas 3](#): Geothermal Heat Pump Systems at Fort Battleford National Historic Site

[Étude de cas 4](#): Micro-hydro at Avalanche Creek, Glacier National Park

Liste des tableaux

Tableau 1: Technologies d'énergie renouvelable adaptées aux parcs et aux sites de Parcs Canada	15
Tableau 2. Considérations relatives à l'évaluation des impacts de la technologie solaire passive	28
Tableau 3. Exigences de base pour les systèmes de chauffage solaire de l'eau	30
Tableau 4. Considérations relatives à l'évaluation des impacts des systèmes de chauffage solaire de l'eau	33
Tableau 5. Exigences de base pour les systèmes PV	37
Tableau 6. Considérations relatives à l'évaluation des impacts des systèmes PV	41
Tableau 7: Configurations potentielles de systèmes géothermiques	46
Tableau 8. Considérations relatives à l'évaluation des impacts des systèmes géothermiques ..	49
Tableau 9. Exigences de base pour les microcentrales hydroélectriques aménagées sur une rivière (Oregon Department of Energy, 2011)	54
Tableau 10. Considérations relatives à l'évaluation des impacts des microcentrales hydroélectriques	58

Tableau 11. Exigences de base pour les éoliennes	62
Tableau 12. Considérations relatives à l'évaluation des impacts des systèmes éoliens	65

1 Introduction

Les formes d'énergie renouvelable se régénèrent constamment d'elles-mêmes, et ce, avec peu ou pas d'action humaine. Les technologies d'énergie renouvelable utilisent l'énergie du soleil et ses effets indirects sur la Terre (rayonnement solaire, vent, précipitations d'eau), l'attraction gravitationnelle (marées) et la chaleur du noyau terrestre (géothermie) comme ressource permettant de produire de l'énergie (Breeze, 2009, p. 337).

Les changements climatiques représentent l'un des principaux facteurs contribuant à l'adoption de technologies d'énergie renouvelable. Les changements climatiques observés sur une période relativement courte pourraient avoir des répercussions sur l'intégrité écologique des parcs nationaux du Canada et l'intégrité commémorative des lieux historiques nationaux, en plus de causer des difficultés importantes à Parcs Canada en matière de politique et de gestion (Coward, 2007, p. 161). L'utilisation de technologies d'énergie renouvelable à petite échelle afin de produire de la chaleur ou de l'électricité sur place, c'est-à-dire à proximité du lieu de demande, constitue un moyen de réduire la contribution de nos sites aux changements climatiques, à la pollution et à d'autres impacts environnementaux néfastes, et ce, tout en fournissant de l'énergie sécuritaire et durable à un coût acceptable (McAllister *et al.*, 2009, p. 11). L'installation d'infrastructures d'énergie renouvelable offre aussi aux sites une occasion unique de présenter un aspect différent des activités d'intendance de l'Agence aux visiteurs du site, aux intervenants et aux partenaires.

1.1 L'objectif du présent guide

La mise en place de technologies d'énergie renouvelable dans les lieux patrimoniaux protégés du Canada nécessite une compréhension approfondie de leurs effets potentiels sur les ressources naturelles et [culturelles](#) ainsi que sur l'expérience des visiteurs. L'objectif de ce guide est :

- d'offrir aux usagers un processus permettant d'évaluer les options en matière d'énergie renouvelable à petite échelle pour un site et de mettre en œuvre un projet en vue d'installer un système d'énergie renouvelable;
- de décrire les impacts positifs et négatifs pouvant découler de l'utilisation d'une telle technologie;
- de proposer des mesures d'atténuation afin de prévenir ou de réduire au minimum tout effet environnemental néfaste;
- de donner des exemples de sites où des projets d'énergie renouvelable ont été mis en place, et ce, au moyen d'une série d'études de cas.

Cette publication fournit aux lecteurs des renseignements de base sur les technologies d'énergie renouvelable couramment utilisées, notamment les technologies et la conception de bâtiments solaires passifs, le chauffage solaire de l'eau, les systèmes photovoltaïques, les thermopompes géothermiques, les microcentrales hydroélectriques et les systèmes éoliens. Ce guide de référence met l'accent sur les projets d'énergie renouvelable à petite échelle dans les

lieux patrimoniaux protégés de Parcs Canada, dont l'objectif est de fournir de la chaleur ou de l'électricité sur place, c'est-à-dire à proximité du lieu de la demande. Les gros systèmes d'énergie renouvelable situés à proximité des sites de Parcs Canada ne sont pas traités dans le présent rapport (p. ex., l'utilisation d'éoliennes est abordée, mais les projets à grande échelle d'énergie éolienne ne le sont pas).

1.2 Comment utiliser ce guide

Ce guide est divisé en sections avec des ressources documentaires connexes; il est structuré comme suit :

Pour des orientations sur...	...consulter :
<ul style="list-style-type: none"> • L'engagement de Parcs Canada et l'orientation nationale en matière de technologies d'énergie renouvelable 	Section 2 : Contexte politique
<ul style="list-style-type: none"> • Un processus par étapes pour évaluer les technologies d'énergie renouvelable sur un site et pour planifier la mise en œuvre d'un projet 	Section 3 : Gestion d'un projet de technologies renouvelables
<ul style="list-style-type: none"> • Les technologies d'énergie renouvelable adaptées aux parcs et aux sites de Parcs Canada <ul style="list-style-type: none"> • Systèmes d'énergie solaire <ul style="list-style-type: none"> ○ Technologie solaire passive ○ Système de chauffage solaire de l'eau ○ Unités photovoltaïques • Systèmes de thermopompes géothermiques • Microcentrales hydroélectriques • Systèmes d'énergie éolienne 	Section 4 : Guide sur les technologies d'énergie renouvelable <ul style="list-style-type: none"> ○ Section 4.1 ○ Section 4.2 ○ Section 4.3 ○ Section 4.4 ○ Section 4.5 ○ Section 4.6
<ul style="list-style-type: none"> • Impacts néfastes potentiels, mesures d'atténuation et mesures de suivi pour chaque type de technologie 	<ul style="list-style-type: none"> • Tableau 2 pour la technologie solaire passive; • Tableau 4 pour les systèmes de chauffage solaire de l'eau; • Tableau 6 pour les unités photovoltaïques • Tableau 8 pour les systèmes de thermopompes géothermiques • Tableau 10 pour les microcentrales hydroélectriques • Tableau 12 pour les systèmes d'énergie éolienne
<ul style="list-style-type: none"> • Exemples d'installations misant sur l'énergie renouvelable dans les parcs et les sites de Parcs Canada • Personnes-ressources dans les parcs et les sites de Parcs Canada ayant de l'expérience en matière de projets d'énergie renouvelable 	<ul style="list-style-type: none"> • Études de cas, annexe D • Personnes-ressources de Parcs Canada, annexe E

2 Contexte politique

2.1 Engagement du gouvernement fédérale en matière de développement durable

Le gouvernement du Canada s'est engagé à favoriser le développement durable, tel qu'illustré par la *Loi fédérale sur le développement durable* (2008). Cette Loi est administrée par Environnement Canada et exige l'élaboration d'une [stratégie fédérale de développement durable](#) (SFDD). La première SFDD du gouvernement a été déposée au Parlement en 2010. La SFDD fixe des objectifs précis pour chaque ministère et organisme assujetti à la *Loi fédérale sur le développement durable* (2008) et vise à réduire l'empreinte environnementale des ministères en diminuant la consommation de ressources et l'émission de déchets, de gaz à effet de serre (GES) et d'autres polluants atmosphériques. Depuis 2010-2011, tous les ministères doivent préparer des stratégies de développement durable appuyant la SFDD. Au sein de Parcs Canada, la stratégie ministérielle de développement durable est intégrée au plan ministériel.

La SFDD actuelle (2010) décrit les objectifs, les cibles et les stratégies de mise en œuvre selon quatre thèmes prioritaires pour l'ensemble du gouvernement :

1. Relever les défis des changements climatiques et de la qualité de l'air;
2. Maintenir la qualité et la disponibilité de l'eau;
3. Protéger la nature;
4. Réduire l'empreinte environnementale – en commençant par le gouvernement.

En ce qui a trait à Parcs Canada, la SFDD précise que l'objectif de l'organisme en matière d'émissions de GES est de réduire les émissions de 10,1 % d'ici 2020-2021 par rapport au niveau de 2005-2006 (à un taux de 1 % par année à compter de 2011-2012). Les technologies d'énergie renouvelable offrent un moyen d'aider à atteindre cette cible. Le présent document contient des directives qui aideront à atteindre cette cible en augmentant l'utilisation d'énergie renouvelable par Parcs Canada en vue d'alimenter ses activités et ses établissements et en mettant en œuvre des mesures de conservation visant à améliorer l'efficacité énergétique et à réduire la consommation d'énergie. La SFDD (Environnement Canada, 2010) comprend des pratiques exemplaires liées à l'écologisation des pratiques gouvernementales, dont certaines sont mentionnées dans le présent guide, telles que :

- Effectuer des vérifications de l'efficacité énergétique et remettre en service des bâtiments;
- Mettre en œuvre les modernisations et améliorations des bâtiments;
- Passer à des carburants ou à des sources d'énergie dégageant moins de gaz à effet de serre (GES);
- Utiliser les sources d'énergie renouvelables sur place; et
- Acheter de l'équipement éconergétique ou économe en énergie.

2.2 Politique de Parcs Canada

Parcs Canada prépare actuellement (été 2011) plusieurs politiques et directives reliées à l'énergie renouvelable :

- La politique et la directive de Parcs Canada sur le développement hydroélectrique¹ sont actuellement en cours de rédaction – elles devraient être achevées à l'automne 2011.
- La politique et la directive de Parcs Canada sur l'énergie renouvelable sont actuellement en cours de préparation – elles devraient être achevées au printemps 2012.

De plus, un [plan directeur pour la réduction des émissions de gaz à effet de serre liées aux activités de Parcs Canada](#) est en préparation (achèvement prévu durant l'été 2011). Le plan directeur décrira le programme de l'organisme en matière de réduction des GES et présentera les occasions et stratégies pour réduire les émissions, notamment en faisant des liens avec le présent guide pour fournir de l'information sur les projets d'énergie renouvelable. L'engagement de Parcs Canada à l'endroit d'une culture d'économie d'énergie, des technologies d'énergie renouvelable et du développement durable est aussi clairement énoncé dans sa politique actuelle. La *Directive sur l'écologisation des bâtiments de Parcs Canada* (http://intranet2/our-work/real-property/environmental-management/green_buildings-immeubles.aspx?lang=fr) décrit des lignes directrices précises sur l'engagement de l'organisme à incorporer des pratiques d'écologisation aux nouveaux bâtiments et aux bâtiments existants. Pour obtenir de l'information à jour sur les directives de gestion environnementale de Parcs Canada, pour accéder aux lignes directrices et aux outils ainsi que pour connaître les personnes-ressources en matière de technologies d'énergie renouvelable, veuillez consulter le [site intranet de la gestion environnementale](#).

Le site intranet de Parcs Canada donne accès à des publications particulièrement pertinentes pour ce qui est des projets d'énergie renouvelable. En voici quelques exemples :

- a) *Directive sur la gestion de l'environnement de Parcs Canada*
- b) *Directive sur l'écologisation des bâtiments de Parcs Canada*
- c) Programme de modernisation éconergétique des bâtiments de Parcs Canada
- d) [Normes et lignes directrices pour la conservation des lieux patrimoniaux au Canada](#) (comprend les lignes directrices pour la modernisation des bâtiments ainsi que des considérations sur l'efficacité énergétique et l'environnement).

¹ Le terme « microcentrale hydroélectrique » est utilisé pour désigner un système de petite envergure qui produit une quantité minimale d'énergie. Il n'y a aucune définition largement acceptée pour décrire le seuil permettant d'utiliser le préfixe « micro ». Dans une définition, les microcentrales produisent <100 kW d'électricité, tandis que l'Ontario utilise un seuil de 10 kW pour son programme « microFIT ». L'étude de cas 4 du présent document décrit une centrale qui produit 5 kW d'électricité.

3 Planification et mise en œuvre d'un projet d'énergie renouvelable à petite échelle

Le processus qui permet de se convertir à des systèmes d'énergie renouvelable comprend l'analyse visant à comprendre les besoins du site, à évaluer la faisabilité des options d'énergie renouvelable et à planifier la mise en œuvre du projet. En suivant un processus tel celui dont les étapes sont décrites ci-dessous, le personnel de Parcs Canada pourra faire des choix éclairés sur les options d'énergie renouvelable pouvant être adaptées à leur site, en plus de s'assurer que leur projet se déroule sans heurt.

1. Évaluation de l'utilisation d'énergie sur le site :
 - Effectuer une vérification de la consommation d'énergie et élaborer un plan de gestion de l'énergie
 - Améliorer l'efficacité énergétique du site
 - Évaluer les besoins futurs
2. Examen et évaluation des options en matière de système d'énergie renouvelable :
 - Établir les options et les éléments du système d'énergie renouvelable
 - Déterminer la pertinence des technologies en relation avec trois éléments du mandat de Parcs Canada (protéger les ressources patrimoniales, favoriser les occasions sur le plan de l'expérience offerte aux visiteurs et offrir des programmes d'éducation pour le public)
 - Effectuer une analyse de faisabilité
 - Choisir le système d'énergie renouvelable privilégié
3. Planification du projet :
 - Réunir des renseignements de base et préparer la description du projet
 - Réaliser une évaluation environnementale
 - Obtenir les approbations requises aux fins du projet
4. Mise en œuvre du projet :
 - Mettre en œuvre des mesures d'atténuation et effectuer une évaluation de suivi

Vous trouverez ci-dessous de plus amples détails sur chaque étape du processus suggéré.

3.1 Évaluer l'utilisation d'énergie sur le site

3.1.1 Effectuer une vérification de la consommation d'énergie et élaborer un plan de gestion de l'énergie

Les mesures d'économie d'énergie représentent le fondement de tout programme d'énergie renouvelable. L'élaboration d'un plan de gestion énergétique est une pratique exemplaire permettant d'établir des améliorations rentables concrètes en vue de diminuer la consommation énergétique et les émissions de gaz à effet de serre avant d'investir dans une nouvelle infrastructure énergétique.

Pour élaborer un plan répondant aux besoins énergétiques futurs d'un site, il est logique de commencer par en vérifier la consommation énergétique afin d'établir et de comprendre l'utilisation d'énergie actuelle du site et les pratiques non efficaces. Les personnes travaillant ou vivant à l'installation peuvent aider à déterminer les pratiques efficaces qui peuvent être mises en œuvre.

Les analyses énergétiques doivent permettre de déterminer des cibles, des limites et une orientation définitives vers un avenir souhaité sur le plan énergétique (MacIntosh, 2010, p. 5). Des logiciels sont disponibles (p. ex., DOE-2) pour réaliser ce type d'évaluation à l'interne; il est également possible d'embaucher des vérificateurs professionnels de la gestion de l'énergie (voir la réalisation dans l'encadré).

3.1.2 Améliorer l'efficacité énergétique du site

Les mesures d'économie d'énergie établies dans le plan de gestion de l'énergie (telles que la pose de coupe-froid, l'augmentation de l'isolation dans les bâtiments et la modernisation de systèmes mécaniques) doivent être mises en œuvre, au besoin. L'information découlant de la vérification de la consommation d'énergie doit également être incorporée dans un plan d'entretien préventif pour l'exploitation d'une installation et de ses systèmes mécaniques, de même que dans un plan de réfection.

RÉALISATION À PARCS CANADA

PARC NATIONAL DU CANADA BANFF
En 2002, le parc national du Canada Banff a conclu une entente en matière de rendement énergétique avec une ESE en vue d'améliorer l'efficacité de 88 de ses bâtiments sur une période de 10 ans. Les mesures en matière d'efficacité énergétique comprenaient la modernisation de l'éclairage, des améliorations à l'enveloppe des bâtiments, l'installation d'appareils à rendement élevé, l'installation d'un capteur solaire à circulation d'eau chaude aux douches du terrain de camping et la modification des dispositifs de contrôle du chauffage, de la ventilation et de l'air climatisé. La mise en place d'un programme de sensibilisation du personnel et du public sur l'économie d'énergie était également comprise dans l'entente. Un aperçu de ce projet est disponible [en ligne](#).

Les bâtiments qui sont détenus ou gérés par le gouvernement du Canada peuvent participer à l'Initiative des bâtiments fédéraux, un programme de l'Office de l'efficacité énergétique de Ressources naturelles Canada. Une entreprise de services éconergétiques (ESE) est engagée pour faire une évaluation et mettre en œuvre des mesures en matière d'efficacité énergétique. De son côté, l'ESE est payée avec les économies annuelles générées par la mise en œuvre de ces mesures (voir la réalisation dans l'encadré).

Il est important de noter que dans certains cas, la modernisation des installations et les autres projets peuvent avoir une incidence sur les ressources culturelles. Pour les bâtiments vieux de plus de 40 ans ou pour tout bâtiment situé près de ressources culturelles sur les terres de Parcs Canada, des considérations spéciales peuvent s'appliquer. Avant de mettre en œuvre des mesures d'amélioration du rendement énergétique, il faut consulter un spécialiste de la gestion des ressources culturelles ou, s'il y a lieu, le Bureau d'examen des édifices fédéraux du patrimoine (BEEFP). Les gestionnaires de projet doivent s'assurer que les travaux de modernisation effectués des bâtiments historiques respectent les [Normes et lignes directrices pour la conservation des lieux patrimoniaux au Canada](#).

3.1.3 Évaluer les besoins futurs

Pour choisir et concevoir un système d'énergie renouvelable, il est essentiel de connaître la quantité d'électricité requise dans une installation. Un électricien peut déterminer les charges existantes, détaillées par appareil, après avoir apporté des améliorations relatives au rendement énergétique. Les

personnes travaillant ou vivant à l'installation peuvent fournir de l'information sur les exigences

RÉALISATION À PARCS CANADA

PARC NATIONAL DU CANADA JASPER
Une vérification de la gestion énergétique a été achevée en 2009 par ATCO EnergySense pour six des propriétés du parc national du Canada Jasper. Cette vérification a évalué les composantes structurelles, mécaniques et électriques des bâtiments, et a donné lieu à des recommandations sur la façon de diminuer les frais d'exploitation et de réduire les émissions de gaz à effet de serre dans chaque installation.

UNITÉ DE GESTION DE L'ÎLE DU CAPE BRETON

En 2009, huit installations de Parcs Canada au sein de l'Unité de gestion de l'île du Cape Breton ont été évaluées. Des renseignements de base ont été recueillis relativement aux conditions météorologiques locales, à l'utilisation énergétique ainsi qu'aux charges de chauffage et de refroidissement et ont servi à l'élaboration d'un modèle de simulation. Utilisés en complément des commentaires émis par les occupants du bâtiment, les opérateurs de l'installation et le gestionnaire du projet d'efficacité énergétique, ces renseignements ont permis d'élaborer des stratégies de gestion énergétique pour l'unité de gestion ainsi que des mesures d'efficacité énergétique pour chaque bâtiment évalué (CBCL, 2009, n. 4).

en matière de charge énergétique. Les gestionnaires et les planificateurs doivent prendre part à l'établissement des besoins futurs du site.

3.2 Examiner et évaluer les options en matières de système d'énergie renouvelable

3.2.1 Établir les options et les éléments du système d'énergie renouvelable

Après avoir maximisé l'efficacité des systèmes énergétiques existants sur un site, vous serez en mesure d'explorer les options disponibles en matière de technologies d'énergie renouvelable pour atteindre les cibles définies sur le plan de la réduction de la consommation énergétique et de la diminution des émissions de gaz à effet de serre.

Chaque type de système d'énergie renouvelable a des exigences et des avantages spécifiques et peut avoir des répercussions négatives particulières. Les composantes d'un système d'énergie renouvelable peuvent comprendre :

- des éléments passifs,
- des éléments actifs,
- des éléments de stockage énergétique.

Les éléments passifs comprennent la conception du bâtiment ainsi que la quantité et le type d'isolation et d'autres matériaux utilisés dans sa construction. Les éléments actifs comprennent les structures utilisées pour capter l'énergie, telles que les panneaux solaires photovoltaïques (PV).

Le fait de compter sur des systèmes de stockage économiques et à rendement élevé présentant peu de pertes pour le stockage de l'électricité et de la chaleur permet d'augmenter l'utilité des technologies d'énergie renouvelable. Par exemple, des batteries d'accumulateurs sont souvent utilisées dans les cas où de l'énergie électrique est produite par une éolienne ou un panneau PV dans un endroit éloigné et non relié au réseau électrique (Tester, 2005, p. 414). Le stockage de l'énergie améliore la capacité d'un système d'énergie renouvelable à fournir de l'énergie primaire, puisque la quantité d'énergie renouvelable disponible et les besoins du site varient au cours de la journée. Avec un système de stockage d'énergie, le moment de la journée où l'énergie renouvelable peut être captée et convertie en électricité n'est pas un élément critique pour ce qui est de répondre à la demande énergétique du site.

Le système de stockage de l'énergie renouvelable ainsi que le type et la taille du système de captage d'énergie requis varient en fonction de la nature de la ressource énergétique sur le site, des besoins énergétiques du client et de la configuration du site, incluant des considérations telles que les répercussions négatives sur les ressources naturelles et culturelles et sur l'expérience offerte aux visiteurs. Le tableau 1 ci-dessous illustre comment les technologies d'énergie renouvelable peuvent être utilisées pour générer de l'électricité destinées à diverses utilisations.

L'[analyse du cycle de vie](#) peut être utile pour la comparaison des caractéristiques de systèmes misant sur les technologies d'énergie renouvelable et d'énergie classique.

Tableau 1: Technologies d'énergie renouvelable adaptées aux parcs et aux sites de Parcs Canada

Source renouvelable	Technologie pour la production d'électricité	Autres utilisations de la ressource
Solaire	Système thermique solaire Photovoltaïque	<ul style="list-style-type: none"> • Chauffage actif des locaux et de l'eau. • Chauffage des locaux (architecture solaire). • Actuellement utilisée sur des sites de Parcs Canada pour fournir de l'énergie aux bâtiments et aux clôtures électriques, pour charger les batteries, pour alimenter le système de communication à distance, le système de surveillance à distance et les panneaux routiers ainsi que pour l'éclairage.
Géothermique	Utilisation de la chaleur du sol, de l'eau souterraine ou de l'eau de surface au moyen d'une thermopompe	<ul style="list-style-type: none"> • Chauffage des locaux.
Hydroélectricité	Installations de petite envergure Installations de petite envergure au fil de l'eau	<ul style="list-style-type: none"> • Énergie mécanique, usinage, production d'électricité
Énergie éolienne	Turbines autonomes ou reliées au réseau électrique.	<ul style="list-style-type: none"> • Chargeurs de batterie et pompage de l'eau.

Référence : Agence internationale de l'énergie, 1998, p. 29

3.2.2 Déterminer la pertinence des technologies en relation avec trois éléments du mandat de Parcs Canada

Avant de réaliser des travaux visant à étudier le ou les écosystèmes pris en compte, les gestionnaires de projet doivent entreprendre une analyse à l'échelle des politiques afin de déterminer si un projet proposé est conforme aux plans et politiques d'ensemble qui s'appliquent à l'échelle nationale ou au site en particulier. Cela comprend la politique et l'orientation liée aux trois éléments du mandat de Parcs Canada : protéger les ressources patrimoniales, favoriser les occasions sur le plan de l'expérience offerte aux visiteurs et offrir des programmes d'éducation pour le public. Par exemple, la politique sur la gestion des ressources culturelles de Parcs Canada (en cours de révision), le plan de gestion du site et l'énoncé d'intégrité commémorative (s'il y a lieu) doivent être examinés afin d'établir les

sources potentielles de conflit avec le projet prévu. Les orientations relatives à l'expérience offerte aux visiteurs et aux priorités en matière de protection du milieu doivent aussi être passées en revue pour déterminer les possibles incompatibilités avec le projet proposé (voir l'encadré ci-dessous pour connaître les détails du processus suivi à Fort Langley). De plus, tels qu'indiqué à la [section 2.2](#), la politique et la directive portant précisément sur l'énergie renouvelable doivent être consultées.

3.2.3 Effectuer une analyse de faisabilité

Une analyse de faisabilité permet d'évaluer la pertinence d'un ou de plusieurs systèmes d'énergie renouvelable pour un site particulier. Grâce à une telle analyse, il est possible de confirmer l'applicabilité d'un système particulier, en tenant compte de la production d'énergie potentielle, des ressources générales requises, incluant des exigences opérationnelles (p. ex., aptitudes, outils ou certification spécialisés nécessaires pour l'entretien), et des conditions du site.

3.2.4 Choisir le système d'énergie renouvelable privilégié

Lorsque l'analyse de faisabilité a indiqué la pertinence des différentes options d'énergie renouvelable et les exigences du site, une décision peut être prise à propos du système privilégié. La vérification de la consommation d'énergie, le plan de gestion de l'énergie et l'analyse de

RÉALISATION À PARCS CANADA

LIEU HISTORIQUE NATIONAL DU CANADA DU FORT-LANGLEY

La direction de Fort Langley a tenu un atelier afin d'examiner une proposition de projet en raison des préoccupations soulevées relativement à la pertinence de l'installation sur le lieu historique. Bien qu'il ne s'agisse pas d'un projet d'énergie renouvelable, le processus de l'atelier donne un aperçu utile des considérations à prendre en compte avant de procéder plus avant à la planification d'un projet (voir la section 3.2.2). Au cours de l'atelier, on a passé en revue les occasions et les préoccupations associées aux questions suivantes à propos du projet proposé :

- *Est-il cohérent avec l'orientation du plan de gestion du site?*
- *Est-il compatible avec le caractère unique du site? Respecte-t-il le caractère historique des ressources culturelles?*
- *Respectera-t-il les ressources culturelles en utilisant les moyens les moins destructifs et les plus réversibles en vue d'atteindre ses objectifs (politique sur la gestion des ressources culturelles 1.4.1)?*
- *Le projet est-il cohérent avec les objectifs en matière de protection des ressources culturelles et naturelles pour le site?*
- *Dans quelle mesure ce projet s'harmonise-t-il avec les priorités du site visant à améliorer l'expérience offerte aux visiteurs?*

faisabilité doivent avoir fourni la plupart des renseignements de base requis pour faire une demande de subvention d'immobilisation et de financement aux fins du Programme de

Conseils sur les outils :

- [Le site Web de CanmetÉNERGIE](#) de Ressources naturelles Canada présente des logiciels et des outils gratuits de simulation énergétique qui permettent la modélisation et l'analyse de projets misant sur l'énergie propre.
- [HOMER®](#) (de l'anglais « Hybrid Optimization Model for Electric Renewables ») est un modèle informatique gratuit mis au point au National Renewable Energy Laboratory pour aider les utilisateurs à choisir les combinaisons les plus économiques d'énergie renouvelable et d'énergie classique pour les systèmes de petite envergure liés ou non au réseau électrique.

modernisation éconergétique des bâtiments et, une fois l'évaluation environnementale achevée, pour élaborer un contrat relatif à l'installation.

3.3 Planifier le projet

Quand la décision est prise d'installer un système d'énergie renouvelable, la phase de planification du projet peut commencer. Les renseignements obtenus dans le cadre de la vérification de la consommation d'énergie, du plan de gestion de l'énergie et de l'analyse de faisabilité sont inclus dans l'évaluation environnementale du projet, dans les demandes de financement ainsi que dans la phase de planification pour la préparation du site et la phase d'installation du système.

3.3.1 Réunir des renseignements de base et préparer la description du projet

Il peut être utile de réunir les renseignements de base suivants pour une proposition de projet d'énergie renouvelable :

- Une description claire et concise du projet comprenant un aperçu, un plan du site indiquant les emplacements pertinents, une description du système d'énergie renouvelable sélectionné, les phases des travaux, le calendrier d'exécution et les composantes essentielles du projet, l'ampleur et la fréquence requises d'accès au site, l'étendue des travaux (p. ex., excavation, remplissage, endroits touchés par des désignations de zonage), des photographies et des documents connexes (p. ex., recherches et études pertinentes, références aux résultats de projets et documentation connexe).

- Les paramètres de base (disponibles à partir de la vérification de la consommation d'énergie, du plan de gestion de l'énergie et de l'analyse de faisabilité) tels que la consommation actuelle et future d'électricité et de combustibles, la quantité d'énergie que fournira le système d'énergie renouvelable, le niveau de bruit et une description de la façon dont ces paramètres changeront avec l'installation du système d'énergie renouvelable proposé.
- Les économies et la réduction d'émissions de gaz à effet de serre prévues. Une analyse de rentabilité pourrait être un exercice utile.
- Les exigences en vue de recevoir les approbations fédérales, provinciales ou municipales doivent être établies dans les premières phases pour permettre le traitement des demandes et pour s'assurer que les éléments déclencheurs et les considérations de l'évaluation environnementale sont connus dès les premières phases du projet. Par exemple, une autorisation du MPO peut être requise pour les centrales hydroélectriques.
- L'information sur la durabilité (disponible dans le plan de gestion de l'énergie et l'analyse de faisabilité) à propos des cibles et des mesures pour :
 - l'économie d'eau et d'énergie;
 - les mesures visant à réduire l'utilisation de produits chimiques nuisibles;
 - la réduction des déchets et des émissions atmosphériques;
 - l'achat écologique.

3.3.2 Réaliser une évaluation environnementale

Le personnel chargé de l'évaluation environnementale et de la planification doit être mis à contribution dès les premières phases de la planification du projet, de même que les scientifiques de Parcs Canada et les autres intervenants. Une évaluation environnementale pour le projet proposé déterminera si le projet est susceptible de causer des effets néfastes sur l'environnement (incluant des effets sur les ressources culturelles²), tiendra compte des *effets cumulatifs*, proposera des mesures d'atténuation visant à éliminer ou à réduire les effets néfastes et indiquera clairement si le projet peut aller de l'avant tel qu'il est proposé. Des renseignements relatifs à l'évaluation environnementale sur de possibles répercussions négatives, des mesures d'atténuation proposées et des mesures de suivi sont présentés pour chaque technologie à la [section 4](#).

² La politique de Parcs Canada en matière d'évaluation environnementale nécessite l'examen des impacts potentiels d'un projet sur les ressources culturelles et écologiques. La pratique actuelle, conformément à notre mandat, consiste à évaluer aussi les impacts potentiels sur l'expérience offerte aux visiteurs. Les tableaux de l'évaluation environnementale sur les impacts et les mesures d'atténuation inclus dans le présent document comprennent l'évaluation des impacts pour les ressources écologiques et culturelles ainsi que pour l'expérience offerte aux visiteurs.

Au moment de [déterminer la portée](#) d'un projet d'énergie renouvelable, voici le type de détails et de travaux physiques connexes qu'il faut inclure dans la description du projet présentée à la [section 3.3.1](#) :

- Des détails relatifs aux composantes du système d'énergie renouvelable qui seront nécessaires pour le captage d'énergie (p. ex., panneaux solaires), le stockage d'énergie (p. ex., batteries d'accumulateurs) et la source d'alimentation de secours (p. ex., génératrice au propane). Par exemple, l'information sur la composante du stockage de l'énergie doit décrire comment les batteries seront conservées, tenues à l'abri du gel et ventilées (incluant l'emplacement du conduit de ventilation). Des détails relatifs au système d'alimentation de secours peuvent inclure le type de combustible, le niveau de bruit, les émissions atmosphériques et le stockage de combustible, notamment les réservoirs et la tuyauterie connexes.

- Des cibles de rendement en matière de consommation de ressources, d'émissions, de qualité de l'environnement intérieur, de rendement à long terme et de fonctionnalité ainsi que les préoccupations des points de vue social et économique.

- Une indication sur la façon dont le recours à des hélicoptères, des motoneiges, des bateaux, etc. pour le transport des combustibles classiques sera réduit si ce projet est mis en place.

3.3.3 Obtenir les approbations requises aux fins du projet

Une fois l'évaluation environnementale achevée et approuvée, l'approbation du projet par Parcs Canada peut être accordée. En plus de l'approbation de Parcs Canada, il faut vérifier s'il est nécessaire d'obtenir d'autres approbations fédérales, provinciales ou municipales avant d'installer le système d'énergie renouvelable.

3.4 Mettre en œuvre le projet

3.4.1 Mettre en œuvre des mesures d'atténuation et assurer une surveillance de suivi

Les [mesures d'atténuation](#) et [de suivi](#) précisées dans l'évaluation environnementale du projet doivent être mises en œuvre et documentées. Une surveillance est requise pour s'assurer que les mesures d'atténuation sont mises en œuvre tel que précisé dans le rapport d'évaluation et pour veiller à ce que tout changement nécessaire soit acceptable et ultérieurement documenté dans un addenda au rapport.

La surveillance de suivi relative à un projet d'énergie renouvelable peut comprendre des facteurs qui ne sont pas pris en compte dans une évaluation environnementale, notamment :

Conseils sur les outils :

Des orientations sur la réalisation d'une évaluation environnementale à l'échelle d'un projet peuvent être consultées sur le site intranet de Parcs Canada à l'adresse suivante : http://intranet/content/eco-prot/ea-ee-fra/ea-main_document-02.asp. Entre autres documents d'intérêt, citons :

- le [Guide de conformité à la Loi canadienne sur l'évaluation environnementale de Parcs Canada](#)
- le [formulaire d'examen préalable de Parcs Canada](#)

En raison du mandat de Parcs Canada de protéger les écosystèmes et les ressources culturelles, la politique de Parcs Canada stipule que les effets touchant ces deux éléments doivent être examinés dans l'évaluation environnementale. Un nouveau document d'orientation sur l'évaluation des effets sur les ressources culturelles a été préparé :

- version préliminaire du document de Parcs Canada intitulé *Guide to Assessing Impacts on Cultural Resources under Environmental Assessment Regimes* (en préparation)

- Au moins deux ans de données après l'installation afin de les comparer aux données de la période précédant l'installation du système d'énergie renouvelable. Les paramètres de surveillance pertinents peuvent inclure la consommation d'énergie à l'installation, les coûts et les émissions de gaz à effet de serre.

De telles données doivent être recueillies, analysées et résumées de manière à permettre la mise en place de mesures d'adaptation, s'il y a lieu. Ce type de renseignements peut aider à améliorer les futurs projets d'énergie renouvelables sur des sites de Parcs Canada.

Pour obtenir plus d'information sur la gestion de l'énergie renouvelable :

- MacIntosh, R. January 2010. *Community Energy Assessment – Jasper, Alberta*. A Master's Degree Project submitted to the Faculty of Graduate Studies in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Sustainable Energy Development, Université de Calgary.
- L'Institut Pembina (www.pembina.org [en anglais seulement]) est un groupe de réflexion national sans but lucratif qui vise à faire avancer les solutions d'énergie renouvelable par l'entremise de la recherche, de l'éducation, de la consultation et de la défense des intérêts. L'Institut Pembina fait preuve de leadership en termes de recherche stratégique et d'éducation sur les changements climatiques, les questions énergétiques, les économies vertes, l'efficacité énergétique et l'économie d'énergie, l'énergie renouvelable et la gouvernance en matière d'environnement.

Pour obtenir plus d'information à propos des options en matière de technologie d'énergie renouvelable :

- L'organisation Backcountry Energy Environmental Solutions (BEES) fournit des études de cas, de l'information connexe et des exemples de contrats sur des technologies d'énergie renouvelable. Parcs Canada est membre de cette organisation. <http://www.beeshive.org/> [en anglais seulement]
- Des associations nationales canadiennes offrent de l'information générale sur les technologies d'énergie renouvelable :
 - Canadian Geothermal Energy Association (www.cangea.ca [en anglais seulement])
 - Association canadienne de l'hydroélectricité (http://www.canhydropower.org/hydro_fr/p_quoi.htm)
 - Association canadienne des carburants renouvelables (www.greenfuels.org [en anglais seulement])
 - Association des industries solaires du Canada (www.cansia.ca [en anglais seulement])
 - Association canadienne de l'énergie éolienne (http://www.canwea.ca/index_f.php)
- écoACTION offre de l'information sur les programmes du gouvernement du Canada relatifs aux biocarburants, au chauffage renouvelable et à l'énergie renouvelable. <http://www.ecoaction.gc.ca/ECOENERGY-ECOENERGIE/index-fra.cfm>
- Le magazine *Home Power* (met l'accent sur les installations résidentielles et les installations commerciales de petite envergure productrices d'énergie solaire, éolienne, hydroélectrique et géothermique). www.homepower.com [en anglais seulement]
- National Renewable Energy Laboratory www.nrel.gov [en anglais seulement]
- Le Réseau canadien des énergies renouvelables (ResCER) http://canmetenergy-canmetenergie.nrcan-rncan.gc.ca/fra/energies_renouvelables.html
- L'Institut Pembina, information de base sur [l'énergie renouvelable](#) [en anglais seulement]
- HOMER[®] (The Hybrid Optimization Model for Electric Renewables) www.nrel.gov/homer [en anglais seulement]
- CanmetÉNERGIE de Ressources naturelles Canada, http://canmetenergy-canmetenergie.nrcan-rncan.gc.ca/fra/outils_logiciels.html

4 Guide sur les technologies d'énergie renouvelable

Cette section du guide de référence explore en détail les technologies d'énergie renouvelable suivantes :

- Énergie solaire :
 - [Technologie solaire passive](#)
 - [Systèmes de chauffage solaire de l'eau](#)
 - [Unités photovoltaïques](#)
- [Systèmes de thermopompes géothermiques](#)
- [Microcentrales hydroélectriques](#)
- [Systèmes d'énergie éolienne](#)

Une description de chaque type de système d'énergie renouvelable est fournie, accompagnée d'un tableau décrivant les considérations relatives à l'évaluation environnementale (incluant les possibles répercussions négatives, les mesures d'atténuation et les suggestions en matière d'études de suivi). Les lecteurs pourront obtenir dans chaque section des conseils sur les outils et pourront consulter à la fin de chaque section sur les technologies une liste de sources permettant d'obtenir de l'information additionnelle. Des études de cas sont présentées dans les annexes.

4.1 Technologie solaire passive

Les technologies solaire passives désignent les structures qui comprennent des éléments de construction permettant de capter, d'absorber, de stocker et de transmettre de l'énergie solaire (Breeze, 2009, p. 379). Ainsi, les bâtiments peuvent et doivent utiliser le moins d'énergie fossile possible, compte tenu des conditions géo-climatiques (Kishore, 2009, p. 389). La conception efficace d'un bâtiment solaire passif permet l'utilisation de la lumière du soleil et de systèmes de chauffage et de refroidissement solaires; de plus, cette technologie est plus efficace quand elle est intégrée à la structure d'un nouveau bâtiment, car il peut être difficile d'ajouter des éléments de la technologie solaire passive à des bâtiments existants.

La mise en place d'une approche de conception intégrée (dans laquelle toutes les composantes et tous les sous-systèmes d'un bâtiment sont considérés ensemble, avec leurs interactions potentielles et les répercussions sur les occupants) permettra d'optimiser le rendement d'un bâtiment en termes de confort, de fonctionnalité, d'efficacité énergétique, d'écoefficacité, de rendement économique et de valeur du cycle de vie.

Les considérations de base en matière de conception pour la technologie solaire passive comprennent :

- Orientation du côté le plus long d'un bâtiment de manière à ce qu'il soit orienté franc sud et ce, afin d'exposer la plus grande surface possible au soleil pour que l'ensoleillement puisse être diffusé dans les pièces où les personnes passent le plus de temps.
- Positionnement stratégique des fenêtres, des puits de lumière, des auvents, des arbres à feuilles caduques et des treillages pour permettre à l'ensoleillement de pénétrer à

l'intérieur du bâtiment quand la chaleur et la lumière sont requises, ou pour garder le bâtiment à l'abri de l'ensoleillement durant les chauds mois d'été. Pour que le système soit efficace, il est important qu'il comporte des dispositifs d'ombrage pour le jour et l'été à l'avant des fenêtres afin de réguler les apports excessifs d'énergie solaire, et des dispositifs isolants pour la nuit afin d'éviter les pertes de chaleur. Une version légèrement plus perfectionnée de ce système utilise des puits de lumière ou des lanterneaux continus au lieu des fenêtres ou en plus de celles-ci. Les lanterneaux sont positionnés pour diriger la lumière solaire sur des murs solaires passifs situés bien à l'intérieur du périmètre du bâtiment, ce qui permet de chauffer une plus grande surface de l'étage grâce au rayonnement solaire passif (Kishore, 2009, p. 411).

- Utilisation d'une masse thermique pour stocker la chaleur durant l'hiver. On permet à la lumière du soleil de pénétrer à travers des fenêtres givrées et d'éclairer des surfaces de grande capacité thermique, p. ex., des planchers de béton, des tuiles, des briques, des pierres et de l'eau. La chaleur est absorbée par ces surfaces, en particulier les surfaces de couleur foncée, et stockée dans celles-ci durant le jour, puis elle est libérée sous forme de rayonnement après le coucher du soleil quand la température de l'air commence à baisser. La masse thermique agit comme un ballast pour maintenir une température constante dans le bâtiment, et ce, peu importe la saison. Le bois et le tapis ont une faible masse thermique.
- Maximiser l'utilisation de l'isolation afin de réduire au minimum les pertes de chaleur du bâtiment. Peu importe que l'on essaie de chauffer ou de refroidir un bâtiment, il est important de pouvoir contrôler le mouvement de la chaleur. La structure enveloppant l'espace doit être faite de matériaux ayant une grande capacité thermique, et les faces du bâtiment orientées vers le nord, l'est et l'ouest doivent être bien isolées (Kishore, 2009, p. 411).
- Maximiser l'utilisation de la ventilation. La ventilation est importante, puisqu'elle fournit de l'air frais et permet le mouvement de la chaleur, s'il y a lieu. Des mécanismes de ventilation naturelle, comme l'[effet cheminée](#), sont toujours préférables à des moyens mécaniques actifs. Un système de ventilation continu intégré dans la conception d'un bâtiment aide à obtenir le confort thermique désiré à l'intérieur d'un bâtiment.

- L'utilisation de tubes fluorescents et de puits de lumière permet d'améliorer la sensation naturelle à l'intérieur d'un bâtiment et de réduire le fardeau de l'éclairage électrique. Un bon bâtiment solaire ne devrait avoir besoin d'aucun éclairage actif au cours d'une journée de travail normale (DeGunther, 2009, p. 169).

Conseils sur les outils :

Les outils logiciels de modélisation et de simulation offerts gratuitement sur le site de RNCAN (à l'adresse http://canmetenergy-canmetenergie.nrcan-rncan.gc.ca/fra/outils_logiciels.html) comprennent notamment :

- BILDTRAD, qui analyse l'efficacité énergétique de l'enveloppe des bâtiments et compare les efficacités énergétiques de diverses combinaisons de murs et de fenêtres.
- Daylighting 123, qui permet d'appuyer les décisions entourant la planification de l'éclairage naturel dans les bâtiments commerciaux au moment de la conception initiale et à chacune des étapes du développement de la conception.
- EE4 v. 1.7, qui permet d'évaluer automatiquement la consommation d'énergie et de s'assurer qu'une conception donnée représente une amélioration de la consommation énergétique d'au moins 25 % par rapport aux exigences du Code modèle national de l'énergie pour les bâtiments de 1997.
- EE4-OBC, qui permet de comparer le rendement énergétique d'un bâtiment proposé à un bâtiment de référence qui répond aux exigences du Bulletin supplémentaire SB-10 du Code du bâtiment de l'Ontario de 2006.
- HOT-2000, qui détermine la quantité d'énergie qu'une résidence utilisera pour s'assurer que ce niveau est conforme ou inférieur à la cible établie par la norme R-2000.
- Outil de présélection Recommissioning (RCx), qui est conçu pour être utilisé à la phase de planification afin d'aider à sélectionner les bâtiments qui se prêtent le mieux à une optimisation.
- SWIFT, qui permet de modéliser le comportement d'un capteur SolarWall® et qui détermine les économies d'énergie associées à l'utilisation d'un tel capteur.

4.1.1 Considérations particulières liées à la planification de projets pour la technologie solaire passive

Veillez consulter la [section 3.3.1](#) pour une description plus complète des exigences en matière d'information de base et de description de projet pour une proposition de projet d'énergie renouvelable.

- Une analyse du cycle de vie peut être une façon utile de déterminer les avantages et les inconvénients associés au remplacement d'un bâtiment existant par un nouveau bâtiment comprenant des éléments de la technologie solaire passive.
- Un plan du site montrant l'orientation des bâtiments visés dans le cadre du projet proposé.

4.1.2 Avantages de la technologie solaire passive

Les avantages de la technologie solaire passive comprennent ce qui suit :

- L'optimisation du rendement du bâtiment entraîne une amélioration de la fonctionnalité, de l'efficacité énergétique, de l'écoefficacité, du rendement économique et de la valeur du cycle de vie.
- Amélioration de la qualité de l'air, de la circulation d'air, de la ventilation naturelle et de l'éclairage; protection contre l'humidité, les substances chimiques et le radon; réduction de la pollution par le bruit; amélioration du confort thermique et visuel (Winebrake, 2004, p. 60);
- Réduction de l'utilisation énergétique, réduction des déchets et des émissions, et utilisation plus efficace des terres.

4.1.3 Exemple actuels d'utilisation de la technologie solaire passive

Voici des exemples d'endroits où la technologie solaire passive a été intégrée à la conception d'un bâtiment :

- Centre d'accueil du lieu historique national du Canada du Fort-Battleford
- Bâtiment du centre des opérations de la réserve de parc national du Canada des Îles-Gulf (premier bâtiment du Canada ayant reçu la certification LEED platine)
- Centre environnemental du Camp Kawartha
<http://www.campkawartha.ca/environmentcentre/buildingsfeatures.htm> [en anglais seulement]

Pour obtenir plus d'information sur la conception d'un bâtiment solaire passif :

- L'organisation américaine Passive House Institute est une bonne source d'information sur les bâtiments éconergétiques :
<http://www.passivehouse.us/passiveHouse/PHIUSHome.html> [en anglais seulement]
- Le site Web de Green Building Advisor offre de l'information sur la construction, la conception et la modernisation éconergétiques :
<http://www.greenbuildingadvisor.com/> [en anglais seulement]

Tableau 2. Considérations relatives à l'évaluation des impacts de la technologie solaire passive

Répercussions négatives potentielles	Mesures d'atténuation et suivi
<ul style="list-style-type: none"> ● L'adaptation de l'orientation du bâtiment en fonction du rayonnement solaire disponible peut entraîner une empreinte environnementale supérieure comparativement à un bâtiment normal. ● Il peut être difficile d'intégrer des éléments d'un bâtiment solaire passif à un <u>édifice à valeur patrimoniale</u> ou à un paysage culturel. 	<ul style="list-style-type: none"> * Répertorier toutes les espèces en péril et les espèces sensibles ou rares présentes sur le site du projet proposé. Établir précisément quelles sont les espèces sensibles aux changements environnementaux. * Signaler les routes d'accès et les lieux de stockage avant le début de la construction. Utiliser les zones perturbées existantes pour le stockage de l'équipement et du matériel. * Un plan de compensation pour la perte de végétation peut être approprié dans les cas où des plantes indigènes doivent être enlevées. * S'assurer que les engins de chantier sont propres avant d'entrer sur le site de Parcs Canada. * Une évaluation de suivi peut être appropriée pour surveiller la croissance de végétation non indigène ou pour vérifier si la revégétation est réussie, de même que pour mettre en œuvre des mesures de gestion adaptative, s'il y a lieu. * Éviter de travailler durant les saisons de nidification/reproduction des animaux sauvages sensibles au bruit. ● Consulter l'ébauche du document de Parcs Canada intitulé <i>Guide to Visual Impact Assessment</i> (en préparation) pour des conseils pour ce qui est de tenir compte des impacts sur les paysages culturels. ● Pour des conseils concernant les édifices fédéraux patrimoniaux, veuillez communiquer avec le BEEFP. ● Lorsque l'on a à faire à des édifices patrimoniaux ou à d'autres ressources culturelles, les travaux doivent être exécutés de telle sorte que les éléments qui en définissent le caractère ne sont ni cachés, ni endommagés, ni détruits (Parcs Canada, 2003, p. 6). À cet effet, veuillez consulter les <i>Normes et lignes directrices pour la conservation des lieux patrimoniaux</i> (2003) et le document de Parcs Canada intitulé <i>Guide to Assessing Impacts on Cultural Resources under Environmental Assessment Regimes</i> (en préparation).

Les éléments marqués d'un * sont considérés comme étant des mesures d'atténuation normalisées dans le secteur de la construction et seront désignés comme telles dans le reste du présent document.

4.2 Systèmes de chauffage solaire de l'eau

Un système de chauffage solaire de l'eau permet de préchauffer l'eau froide domestique. Un réservoir d'eau alimenté au gaz ou à l'électricité est utilisé pour augmenter la température de l'eau quand l'énergie solaire n'est pas disponible. Les systèmes de chauffage solaire de l'eau comprennent habituellement un capteur solaire, un échangeur de chaleur (le bloc-batterie), un réservoir d'eau alimenté à l'énergie solaire, une pompe et de la tuyauterie.

Les capteurs solaires peuvent être installés sur un mur ou sur des poteaux fixés dans le sol, mais ils sont habituellement placés sur le toit et dirigés vers le soleil de manière à capter un maximum de rayonnement solaire incident. Pour tirer le plus profit des capteurs solaires, ils doivent être orientés correctement en fonction de la région où ils se trouvent. De nos jours, les capteurs solaires ressemblent à des puits de lumière surbaissés présentant une épaisseur de 10 à 15 cm.

Deux types de capteurs solaires sont utilisés dans les petits et moyens systèmes de chauffage solaire de l'eau :

- Les capteurs plats sont composés d'un couvert transparent (p. ex., du verre), d'une plaque absorbante et d'un boîtier, et ils sont munis de tubes, d'ailettes ou de conduits permettant le transport du fluide caloporteur. Les capteurs plats sont les capteurs solaires les plus utilisés.
- Les capteurs à tubes sous vide sont constitués d'un caloduc compris à l'intérieur d'un tube scellé sous vide. L'enveloppe sous vide réduit les pertes par convection et par conduction, de sorte que les capteurs peuvent fonctionner à des températures plus élevées que les capteurs plans.

Les capteurs solaires peuvent être sans concentrateur (p. ex., stationnaires) ou à concentration, ce qui signifie que le capteur a la capacité de se déplacer pour suivre le soleil. Les projets de petite ou moyenne envergure utilisent généralement des capteurs solaires stationnaires.

Les systèmes de chauffage solaire de l'eau conçus pour les climats froids utilisent un liquide antigel, tel que le glycol, comme milieu pour le transfert de chaleur. Le glycol circule dans une boucle fermée entre l'échangeur de chaleur situé sur le réservoir de stockage d'eau préchauffée, qui se trouve habituellement dans le sous-sol, et le capteur solaire situé sur le toit. Le glycol absorbe l'énergie thermique lors de son passage dans le capteur, puis se déplace vers l'échangeur de chaleur, où il échange son énergie thermique avec l'eau froide provenant de la prise d'eau du bâtiment. L'eau chauffée à l'énergie solaire est conservée dans un réservoir de

RÉALISATION À PARCS CANADA

PARC NATIONAL ET LIEU HISTORIQUE NATIONAL DU CANADA KEJIMKUIK

En 2005, un système de chauffage d'eau à l'énergie solaire a été installé sur le toit du bâtiment principal des douches du terrain de camping Jeremy's Bay du parc national et lieu historique national du Canada Kejimkujik. Huit capteurs solaires d'une superficie de 24 mètres carrés ont été installés pour préchauffer l'eau chaude domestique approvisionnant 18 pommes de douche.

Voir l'[étude de cas 1](#) à
l'annexe D

stockage d'eau préchauffée, puis elle est transférée dans le réservoir d'eau chaude conventionnel qui augmentera la température de l'eau, si nécessaire.

Tableau 3. Exigences de base pour les systèmes de chauffage solaire de l'eau

Emplacement	<ul style="list-style-type: none"> • Orienter les panneaux solaires de façon optimale, soit à moins de 150° sud, entre le sud-est et le sud-ouest.
Espace	<ul style="list-style-type: none"> • De l'espace est requis pour un second chauffe-eau, lequel sert de réservoir de stockage pour l'eau chauffée.
Capteurs solaires	<ul style="list-style-type: none"> • Doivent fonctionner même s'ils sont partiellement à l'ombre, mais ils ne devraient pas être à l'ombre entre 10 h et 15 h (sud-est à sud-ouest). • Habituellement, seuls quelques panneaux sont nécessaires, lesquels sont habituellement montés sur le toit.

4.2.1 Considérations particulières liées à la planification de projets pour les systèmes de chauffage solaire de l'eau

- Calculer la taille de l'aire non obstruée requise à l'avant des panneaux solaires, de préférence en utilisant un [abaque d'ensoleillement](#), afin de déterminer l'emplacement optimal pour un capteur solaire (cette approche est plus simple qu'une approche théorique mathématique). Il faut inclure l'évaluation à l'aide de l'abaque d'ensoleillement dans les plans du site conceptuels et préliminaires. L'évaluation réalisée à l'aide du [Solar Pathfinder](#)^{MC} ou d'un outil équivalent, qui permet d'obtenir une analyse du meilleur site et du potentiel solaire, est requise pour la conception finale du système (voir l'[annexe A](#) pour consulter le glossaire des termes et l'[annexe C](#) pour obtenir une description complète de ces outils).
- Déterminer le nombre de capteurs solaires requis de même que la taille du réservoir de stockage et le type de système de fixation requis. Établir la vitesse du vent pour le système de fixation.
- Déterminer si les capteurs doivent être placés à l'intérieur d'un édifice patrimonial ou sur celui-ci. S'il s'agit d'un édifice patrimonial, indiquer quel est son statut selon le BEEFP.
- Indiquer l'emplacement de la tuyauterie menant au réservoir de stockage et l'endroit où sera placé le réservoir de stockage sur le plan du site.

Veillez consulter la [section 3.3.1](#) pour une description plus complète des exigences en matière d'information de base et de description de projet pour une proposition de projet d'énergie renouvelable.

4.2.2 Avantages des systèmes de chauffage solaire de l'eau

Un système de chauffage solaire de l'eau présente les avantages suivants :

- Nécessite peu ou pas d'énergie externe
- Peu ou pas d'émission de substances dangereuses durant le fonctionnement normal

- Sans bruit
- Installation facile dans de nombreux bâtiments
- L'installation des panneaux sur le toit réduit leur empreinte écologique sur le paysage et réduit au minimum les préoccupations liées aux exigences en matière d'espace. Les capteurs installés sur le toit sont relativement semblables aux toits quant à leur comportement en termes d'absorption et de réflexion.

4.2.3 Exemples actuels de systèmes de chauffage solaire de l'eau

- Voir la réalisation à Parcs Canada (p. 29) et l'[étude de cas 1](#), à l'annexe D, lesquels abordent le système de chauffage solaire de l'eau au terrain de camping Jeremy's Bay au parc national et lieu historique national du Canada Kejimikujik.

Conseils sur les outils :

Des outils logiciels pouvant être appliqués à la technologie des panneaux solaires pour le chauffage de l'eau sont disponibles gratuitement sur le site de RNCAN (à l'adresse http://canmetenergy-canmetenergie.nrcan-rncan.gc.ca/fra/outils_logiciels.html); on y trouve notamment :

- ENERPOOL, qui permet de modéliser le rendement des capteurs solaires utilisés pour chauffer les piscines.
- WATSUN 2009, qui permet de modéliser le rendement des systèmes de chauffage solaire de l'eau commerciaux et résidentiels, avec ou sans stockage thermique.
- RETScreen International[®], qui permet de modéliser et d'analyser tout projet d'énergie propre à l'aide d'un processus en cinq étapes et qui peut calculer le potentiel solaire de votre site. Il est possible de télécharger gratuitement le programme à l'adresse suivante : <http://www.retscreen.net/fr/centre.php>

D'autres outils sont disponibles, notamment :

- Cartes d'ensoleillement et du potentiel d'énergie solaire photovoltaïque du Canada https://glfc.cfsnet.nfis.org/mapserver/pv/index_e.php?&lang=f
- Programme gratuit pour créer un abaque d'ensoleillement pour votre site <http://solardat.uoregon.edu/SunChartProgram.html> [en anglais seulement]
- Information sur l'orientation optimale des panneaux solaires <http://www.macslab.com/optosolar.html> [en anglais seulement]

Pour obtenir plus d'information sur les systèmes de chauffage d'eau à l'énergie solaire de l'eau :

- Ramlow, B., B. Nusz. 2010. *Solar Water Heating – Revised and Expanded Edition: A Comprehensive Guide to Solar Water and Space Heating Systems*. New Society Publishers, Gabriola Island, C.-B.

Tableau 4. Considérations relatives à l'évaluation des impacts des systèmes de chauffage solaire de l'eau

	Répercussions négatives potentielles	Mesures d'atténuation et suivi
Flore, faune et habitat	<ul style="list-style-type: none"> • Il peut être nécessaire d'enlever de la végétation. • La perturbation et le déplacement temporaires d'espèces sauvages peuvent survenir en raison des activités de construction. • La perturbation de la végétation et l'introduction d'espèces végétales non indigènes peuvent survenir en raison de l'accès de l'équipement, de l'excavation, de la construction et du stockage des matériaux. • Une recherche a documenté des cas où certaines espèces d'insectes aquatiques (incluant des éphéméroptères, des perles, des taons et des mouches à longues pattes) pouvaient pondre leurs œufs sur des panneaux solaires, puisque la lumière polarisée reflétée est confondue avec un plan d'eau. Une telle situation entraîne un échec de la reproduction. Un échec prolongé de la reproduction pourrait entraîner un déclin de ces espèces à l'échelle locale (Horvath <i>et al.</i>, 2010). 	<ul style="list-style-type: none"> • Mettre en œuvre des mesures d'atténuation normalisées dans le secteur de la construction (voir le tableau 2). • Placer une grille dense non polarisante (p. ex., blanche) sur les panneaux, ce qui peut réduire l'attractivité des panneaux pour les insectes. Cependant, cela entraînera aussi une diminution de l'efficacité du système en réduisant l'aire de la surface des panneaux (Horvath <i>et al.</i>, 2010). Il est aussi possible d'établir une distance de retrait par rapport aux cours d'eau. La mise en œuvre de ces mesures se ferait selon le niveau de préoccupation associé aux espèces d'insectes. • Recueillir des données de base sur les espèces d'insectes en présence si on propose d'installer des capteurs solaires à proximité d'environnements aquatiques. Les effets potentiels des panneaux solaires sur les populations d'insectes ne sont actuellement pas bien compris; par conséquent, une étude de suivi pourrait être appropriée dans le cadre d'une évaluation environnementale, si on le juge nécessaire en raison du niveau de préoccupation associé à certaines espèces d'insectes.
Pollution de l'air, de l'eau et du sol	<ul style="list-style-type: none"> • Un capteur solaire en flammes peut émettre dans l'environnement une petite quantité de gaz aéroportés (Kaltschmitt, 2007, p. 169). • Faible potentiel de fuite de fluide caloporteur. 	<ul style="list-style-type: none"> • Inspecter régulièrement le système et utiliser un fluide caloporteur sans danger pour les aliments (p. ex., mélanges propylène-glycol-eau) afin de réduire au minimum les impacts environnementaux dans les cas d'événements improbables de fuite du fluide caloporteur. Si des fluides non potables ou toxiques

	Répercussions négatives potentielles	Mesures d'atténuation et suivi
		sont utilisés, des échangeurs de chaleur à double paroi doivent être utilisés.
Expérience offerte aux visiteurs et impacts visuels	<ul style="list-style-type: none"> • Les chauffe-eau solaires à thermosiphon peuvent être visuellement apparents. • Les capteurs solaires présents sur les toits sont parfois visibles de très loin. • Il peut y avoir un impact sur le caractère des édifices patrimoniaux, des paysages culturels ou d'autres ressources culturelles. • Les activités des visiteurs peuvent être perturbées durant la construction; plus particulièrement, le bruit occasionné durant la construction peut déranger les visiteurs. 	<ul style="list-style-type: none"> • Consulter un spécialiste de la gestion des ressources culturelles de Parcs Canada dès les premières phases du processus de planification pour s'assurer que les panneaux solaires placés sur un bâtiment n'auront pas d'impact négatif sur le caractère patrimonial d'un édifice ou d'un paysage. Pour obtenir des orientations concernant les édifices patrimoniaux, veuillez communiquer avec le BEEFP. • Évaluer si les panneaux solaires se prolongeraient ou non au-delà du toit et déterminer l'espace requis sur le toit. Lorsque l'on a à faire à des édifices patrimoniaux ou à d'autres ressources culturelles, les travaux doivent être exécutés de telle sorte que les éléments qui en définissent le caractère ne sont ni cachés, ni endommagés, ni détruits (Parcs Canada, 2003, p. 6). À cet effet, veuillez consulter les <i>Normes et lignes directrices pour la conservation des lieux patrimoniaux</i> (2003) et la version préliminaire du document de Parcs Canada intitulé <i>Guide to Visual Impact Assessment</i> (en préparation). • Consulter le personnel du site chargé de l'expérience offerte aux visiteurs afin de déterminer des moyens pour réduire au minimum les répercussions négatives pour les visiteurs.
Santé et sécurité	<ul style="list-style-type: none"> • Des bactéries <i>Legionella</i> peuvent se multiplier de façon importante dans les systèmes domestiques de chauffage d'eau et représenter un danger pour les 	<ul style="list-style-type: none"> • Aucune mesure d'atténuation pour les bactéries <i>Legionella</i>, lesquelles meurent rapidement à une température d'environ 60 °C et sont peu susceptibles

	Répercussions négatives potentielles	Mesures d'atténuation et suivi
	<p>humains exposés à de l'eau infectée.</p> <ul style="list-style-type: none">• La chute de capteurs solaires mal installés peut causer des blessures.	<p>d'être présentes dans la plupart des systèmes de chauffage solaire de l'eau (Kaltschmitt, 2007, p. 170).</p> <ul style="list-style-type: none">• S'assurer que les capteurs sont installés par des professionnels.

4.3 Unités photovoltaïques

Un système solaire photovoltaïque (PV) utilise une cellule photovoltaïque pour transformer l'énergie lumineuse en énergie électrique brute. Les fils transmettent l'énergie électrique brute vers un onduleur, lequel transforme cette énergie en énergie électrique utilisable qui peut être stockée dans des accumulateurs ou transformée en courant alternatif répondant aux normes du réseau électrique à des fins de distribution.

La force de la technologie PV réside dans la capacité des semiconducteurs d'absorber des photons de lumière et de convertir en électricité une partie de l'énergie comprise dans les photons (DeGunthers, 2009, p. 153). Les cellules PV sont habituellement composées de divers semiconducteurs, tels que le silicium, et de composés de sulfure de cadmium, de sulfure cupreux et d'arsénure de gallium (Breeze, 2009, p. 339). Le tellure de cadmium et le diséléniure de cuivre et d'indium sont aussi utilisés pour les modules PV (Breeze, 2009, p. 339). Certains modules PV sont plus efficaces que d'autres pour ce qui est d'utiliser les photons compris dans la lumière du soleil en vue de générer de l'électricité, et ce, en raison du type de cellule solaire utilisée dans le module. Il y a actuellement quatre types de cellules solaires dans les modules PV :

- Les cellules solaires au silicium monocristallin sont faites d'un seul type de cristaux et représentent le matériau de meilleure qualité pour les applications PV (DeGunther, 2009, p. 156).
- Les cellules solaires au silicium polycristallin sont moins efficaces et prennent plus d'espace à l'endroit où elles sont placées, mais elles sont moins chères que les cellules solaires au silicium monocristallin.
- Les cellules solaires au silicium amorphe sont composées d'atomes de silicium compris dans une mince couche homogène plutôt que dans une structure cristalline. Le silicium amorphe absorbe plus efficacement la lumière que le silicium cristallin, donc les cellules peuvent être plus minces. Pour cette raison, le silicium amorphe est aussi considéré comme une technologie PV « en couches minces », ce qui en fait la technologie idéale pour les surfaces incurvées et les modules « escamotables ». Les cellules amorphes sont moins efficaces que les cellules à base de silicium cristallin, mais leur production est plus simple et donc moins chère (Breeze, 2009, p. 339).
- Les cellules solaires hybrides sont créées en combinant du silicium amorphe et du silicium cristallin ainsi qu'en utilisant un semiconducteur intrinsèque.

Les cellules PV sont assemblées en modules (p. ex., panneaux solaires) qui produisent une tension et un courant spécifiques quand ils sont soumis à un rayonnement. Il est possible de relier plusieurs panneaux pour produire davantage de tension et de courant. Les panneaux peuvent être placés sur des toits, des murs ou des supports dans le sol. Si l'espace de fixation est limité, il faut utiliser des modules PV de plus grande densité de puissance. La densité de puissance reflète la puissance par pied carré de surface de module (et non de cellule) selon des conditions d'essais normalisées (Sanchez, 2009, p. 60).

Des systèmes PV autonomes sont utilisés dans des secteurs non reliés au réseau électrique. Un système autonome typique est constitué de panneaux PV, d'accumulateurs pour le stockage de l'énergie produite et d'un contrôleur de charge. Un onduleur peut également être inclus dans le système afin de convertir le courant continu généré par les modules PV en courant alternatif (CA) nécessaire pour le fonctionnement des appareils résidentiels (Breeze, 2009, p. 339).

Quand un système PV est relié au réseau électrique local, l'énergie produite par le système durant la journée peut être utilisée immédiatement ou vendue à des entreprises de fourniture d'électricité. Durant la soirée, quand le système solaire n'est pas en mesure de produire l'électricité requise, il est possible d'acheter de l'électricité auprès du réseau électrique. En effet, le réseau électrique agit en tant que système de stockage d'énergie, ce qui signifie que le système PV n'a pas besoin de comprendre une batterie d'accumulateurs.

Les systèmes PV hybrides non reliés au réseau électrique comportent une batterie d'accumulateurs et un système d'alimentation de secours (génératrice) pouvant prendre le relais du système PV durant les périodes prolongées de mauvais temps. La génératrice est activée automatiquement quand l'état de charge de la batterie est faible en raison d'un rayonnement solaire insuffisant ou d'une demande énergétique excessive. La génératrice peut aussi être utilisée pour recharger les batteries d'accumulateurs ou pour fournir du courant continu au consommateur.

RÉALISATION À PARCS CANADA

PARC NATIONAL DU CANADA JASPER

En 2008, un système PV hybride a été installé pour remplacer une génératrice diesel de 25 kW. Au cours d'une période d'exploitation estivale de 6 mois, le système solaire hybride a permis de diminuer de 30,7 tonnes la production de CO₂ et de 16 110 \$ le coût d'exploitation par rapport à la génératrice qu'il a remplacée.

Voir [l'étude de cas 2](#) à
l'annexe D

Tableau 5. Exigences de base pour les systèmes PV

Emplacement	<ul style="list-style-type: none"> • Les panneaux PV doivent être positionnés à proximité de la structure abritant les composantes électroniques et la batterie d'accumulateurs afin d'assurer l'efficacité énergétique du système et de réduire les coûts d'installation. • Les accumulateurs ne doivent pas être exposés à des températures se rapprochant du point de congélation, et leur conservation est maximale à l'intérieur d'une structure chauffée. Les petits systèmes peuvent être abrités dans des boîtes isolées ou même enterrés dans une boîte isolée. • Les accumulateurs produisent de l'hydrogène au moment du chargement, et ils ont besoin de ventilation. Le tuyau d'échappement mesure habituellement 4 po de diamètre.
-------------	---

Distance à l'avant des panneaux devant être exempte d'obstacles	<ul style="list-style-type: none"> • Les panneaux PV ne doivent pas être positionnés à l'ombre, et il doit y avoir une zone sans obstacle à l'avant des panneaux, du sud-est au sud-ouest.
Panneaux	<ul style="list-style-type: none"> • Les panneaux monocristallins produisent environ 200 watts chacun. Les systèmes comprennent habituellement plusieurs panneaux. • Il existe différents systèmes de fixation. Le soulèvement par le vent en raison de la surface et de l'angle des panneaux doit être pris en considération, puisque des fondations et des dispositifs de soutien importants peuvent être nécessaires.

4.3.1 Considérations particulières liées à la planification de projets pour les systèmes photovoltaïques

Veillez consulter la [section 3.3.1](#) afin d'obtenir une description plus complète des exigences en matière d'information de base et de description de projet pour un projet d'énergie renouvelable proposé.

- Déterminer le nombre de panneaux PV requis et établir la vitesse du vent à l'endroit proposé afin de déterminer le type de système de fixation ainsi que les exigences en matière de fondation et de soutien.
- Dans le plan du site, inclure l'emplacement des éléments suivants, s'il y a lieu :
 - trachées et fondations;
 - système d'alimentation électrique de secours et réservoirs à carburant;
 - bâtiments abritant les composantes électriques et la batterie du système PV.

Établir la superficie de l'aire non obstruée requise à l'avant des panneaux PV, de préférence en utilisant un abaque d'ensoleillement afin de déterminer l'emplacement optimal pour un capteur solaire (cette approche est plus simple qu'une approche théorique mathématique). Il faut inclure les indications fournies par [l'abaque d'ensoleillement](#) dans les plans conceptuels et préliminaires du site. Une évaluation réalisée à l'aide de l'appareil [Solar Pathfinder^{MC}](#) ou d'un outil équivalent permet de déterminer le meilleur site et d'analyser le potentiel solaire. Une telle évaluation est requise pour la conception finale du système (voir [l'annexe C](#)). Veuillez consulter [l'étude de cas 2](#), à l'annexe D, pour obtenir un exemple de calculs sur la distance de dégagement théorique.

Conseils sur les outils :

Les logiciels en ligne, les logiciels de modélisation et de simulation et les autres ressources sur les panneaux PV comprennent :

- Les cartes d'ensoleillement et du potentiel d'énergie solaire photovoltaïque du Canada <https://gffc.cfsnet.nfis.org/mapserver/pv/index.php?&lang=f>
- Les systèmes de calculateur PVWatts^{MC}, qui permettent de déterminer la production énergétique et les économies associées à un système PV relié au réseau électrique www.pvwatts.org [en anglais seulement]
- Les ensembles de données de la NASA sur l'énergie solaire mondiale <http://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/sse.cgi?+s01> [en anglais seulement]
- Un programme gratuit permettant de créer un abaque d'ensoleillement pour votre site <http://solardat.uoregon.edu/SunChartProgram.html> [en anglais seulement]
- De l'information sur l'orientation optimale des panneaux solaires <http://www.macslab.com/optosolar.html> [en anglais seulement]
- RETscreen International[®] est un programme mis sur pied par RNCAN qui permet la modélisation et l'analyse de tout projet d'énergie propre à l'aide d'un processus en cinq étapes. Ce programme peut réaliser pour votre site des calculs sur le potentiel d'énergie solaire. Il peut être téléchargé gratuitement à l'adresse suivante : <http://www.retscren.net/fr/centre.php>

4.3.2 Avantages liés à l'utilisation d'un système photovoltaïque

- Les unités PV ne produisent aucune émission atmosphérique et n'entraînent aucune émission de gaz à effet de serre. L'énergie solaire est considérée comme l'une des méthodes de production d'électricité les plus écologiques.
- La lumière du soleil est disponible partout, à différents degrés, et elle n'est associée à aucun problème d'approvisionnement tel que le transport ou le stockage de combustible brut.
- Les systèmes PV ne produisent aucun bruit.
- Les systèmes PV diminuent la nécessité d'étendre les systèmes de transmission et de distribution.
- Les panneaux PV sont situés à proximité des bâtiments ou directement sur ceux-ci, généralement dans des zones déjà perturbées, ce qui limite la nécessité d'enlever de la végétation indigène.

- Les panneaux PV peuvent remplacer des éléments du toit ou de la façade, ce qui permet de mieux les intégrer visuellement dans un bâtiment.
- La durée de vie des panneaux PV est de plus de 30 ans. D'après les connaissances actuelles, le recyclage complet des panneaux PV est possible.
- La production d'énergie solaire PV est associée à un très faible taux de dysfonctionnement. L'entretien se limite à la surveillance et à l'entretien des accumulateurs (Kaltschmitt, 2007, p. 294).
- Cette technologie représente une solution de remplacement au propane et à l'essence dans les utilisations en arrière-pays, ce qui réduit la nécessité de transporter du combustible par hélicoptère ou par motoneige. Durant l'exploitation, cela permettra aussi de réduire les répercussions résiduelles sur le plan du bruit associées au transport du combustible, ainsi que d'autres perturbations du paysage associées à l'exploitation d'un tel dispositif en arrière-pays.

Bien que les générateurs PV transmettent un rayonnement électromagnétique, les champs magnétiques de basse fréquence émis par les composantes PV ne sont pas supérieurs à ceux des appareils électroménagers (Kaltschmitt, 2007, p. 293).

4.3.3 Exemples actuels d'utilisation de systèmes de panneaux photovoltaïques

- Veuillez vous reporter à la réalisation de Parcs Canada (p. 37) et à l'[étude de cas 2](#), à l'annexe D, pour obtenir de l'information sur le système photovoltaïque hybride de la station du lac Maligne.

Pour obtenir plus d'information sur les systèmes PV :

- Marken, Chuck. Solar collectors. *Home Power*. Oct./nov. 2009, n° 133.
- Sanchez, J. 2010 PV Module Guide. *Home Power*. Déc. 2009/janv. 2010, n° 134, p. 50-61.
- Le Réseau canadien des énergies renouvelables (ResCER) http://canmetenergy-canmetenergie.nrcan-rncan.gc.ca/fra/energies_renouvelables/rescer.html, p. ex., *Les systèmes photovoltaïques : guide de l'acheteur; Manuel de conception des systèmes photovoltaïques autonomes*.
- Les publications telles que *Home Power* offrent des guides de l'acheteur annuels comprenant de l'information détaillée sur plusieurs types de panneaux PV différents qui ont été mis à l'essai de façon indépendante.
- Cartes d'ensoleillement et du potentiel d'énergie solaire photovoltaïque du Canada, https://glfc.cfsnet.nfis.org/mapserver/pv/index_f.php. Marken, Chuck. Solar collectors. *Home Power*. Oct./nov. 2009, n° 133.

Tableau 6. Considérations relatives à l'évaluation des impacts des systèmes PV

	Répercussions négatives potentielles	Mesures d'atténuation et suivi
Flore, faune et habitat	<ul style="list-style-type: none"> • La perturbation et le déplacement temporaires d'espèces sauvages peuvent survenir en raison des activités de construction. Des aires de repos de chauves-souris situées dans les toits peuvent être perturbées durant l'installation du système. • La perturbation de la végétation et l'introduction d'espèces végétales non indigènes peuvent survenir en raison du passage de l'équipement lourd, de l'excavation, de la construction et du stockage des matériaux. • L'enlèvement de végétation et la perte d'habitat peuvent survenir dans les zones ombragées, puisqu'il faut s'assurer que la zone à l'avant des panneaux PV ne se trouve pas à l'ombre de 10 h à 14 h, du sud-est au sud-ouest. • Il est possible qu'il soit nécessaire d'excaver le sol afin d'établir une fondation pour la composante de soutien des panneaux si le système est placé sur le sol, ou pour creuser une tranchée de service. • L'installation d'un système PV peut entraîner une augmentation de l'utilisation par les visiteurs, et ce, si un tel système vise à fournir de l'énergie pour des services aux visiteurs. Une augmentation de l'utilisation par les 	<ul style="list-style-type: none"> • Mettre en œuvre les mesures d'atténuation normalisées dans le secteur de la construction (voir le tableau 2). • Aucune mesure d'atténuation n'est requise pour les chauves-souris; une fois les panneaux PV installés, aucune preuve ne semble indiquer qu'ils ont des répercussions négatives sur les chauves-souris (McAllister, 2009, p. 35). • Les panneaux PV incorporés dans les façades n'ont aucune empreinte écologique sur le paysage. Si possible, choisir ce type de système de fixation. • Le choix du site est particulièrement important en raison de l'étendue de la surface non obstruée qui est requise pour les systèmes PV. Éviter les zones écologiques sensibles, les zones densément boisées, les secteurs où les arbres et les chicots d'arbres existants procurent aux oiseaux migrateurs un habitat de nidification, ainsi que les zones où des ressources culturelles ont été détectées. • Dans la mesure du possible, choisir des zones déjà perturbées et utiliser des plantes indigènes basses dans la zone non ombragée. S'il y a lieu, se rapporter aux meilleures pratiques locales pour le dégagement des lignes de transport d'électricité ou pour d'autres activités similaires. • Dans la phase de planification, il faut considérer la possibilité qu'il y ait augmentation de l'utilisation par les visiteurs et la façon dont cela pourrait avoir un effet sur les espèces et les habitats.

	Répercussions négatives potentielles	Mesures d'atténuation et suivi
	<p>visiteurs peut causer des répercussions néfastes sur l'environnement et l'infrastructure si elle n'est pas gérée correctement.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Une recherche a documenté des cas où certaines espèces d'insectes aquatiques (incluant des éphémères, des perles, des mouches à cheval et des mouches à chevreuil, et des dolichopodes) pouvaient pondre leurs œufs sur des panneaux solaires, la lumière polarisée reflétée étant confondue avec un plan d'eau. Une telle situation entraîne un échec de la reproduction. Un échec prolongé de la reproduction pourrait entraîner un déclin de ces espèces à l'échelle locale (Horvath <i>et al.</i>, 2010). 	<ul style="list-style-type: none"> • Évaluer le niveau de préoccupation pour les populations d'insectes et, si nécessaire, recueillir des données de base sur les espèces d'insectes en présence au moment d'installer des capteurs solaires à proximité d'environnements aquatiques. Étant donné que les impacts potentiels des panneaux solaires sur les populations d'insectes ne sont actuellement pas bien compris, une étude de suivi peut être appropriée dans le cadre de l'évaluation environnementale. • Placer une grille dense non polarisante (p. ex., blanche) sur les panneaux, ce qui peut réduire l'attractivité des panneaux pour les insectes. Cependant, cela entraînera aussi une diminution de l'efficacité du système en réduisant l'aire de la surface des panneaux (Horvath <i>et al.</i>, 2010). Il est possible qu'une telle mesure ne soit pas nécessaire, tout dépendant du niveau de préoccupation associé aux espèces d'insectes en cause.
Pollution de l'air, de l'eau et du sol	<ul style="list-style-type: none"> • Les systèmes d'alimentation de secours, tels que les génératrices fonctionnant au combustible fossile, produisent du bruit et émettent des substances toxiques dans l'air. • Quand un système PV remplace une génératrice existante, les impacts négatifs touchant le bruit et la qualité de l'air sont grandement diminués. Cependant, si un système de production d'énergie est mis en place à un nouvel endroit, il y aura des répercussions telles que du bruit et des émissions associées au système d'alimentation 	<ul style="list-style-type: none"> • Le système doit être conçu de manière à limiter le plus possible l'utilisation du système d'alimentation de secours durant les périodes prolongées de ciel couvert ou les périodes de faible gain d'énergie solaire (p. ex., 3 heures par jour). Cela permet de réduire considérablement le bruit et les émissions provenant de la génératrice au combustible fossile. • Les génératrices au propane produisent moins de bruit et sont 15 % plus efficaces que les génératrices au diesel. • Quand des panneaux PV sont désaffectés, ils doivent être immédiatement recyclés. Ainsi, on s'assurera que des matériaux semiconducteurs stables mais toxiques, tels

	Répercussions négatives potentielles	Mesures d'atténuation et suivi
	<p>de secours.</p> <ul style="list-style-type: none"> Des incendies touchant des bâtiments munis de panneaux PV peuvent entraîner la libération de substances chimiques toxiques (Kaltschmitt, 2007, p. 294). 	<p>que le cadmium, ne pénètrent pas dans l'environnement.</p>
Ressources archéologiques et culturelles	<ul style="list-style-type: none"> L'excavation peut perturber des ressources archéologiques enfouies. Les travaux d'installation peuvent nuire temporairement au paysage. Les panneaux PV sont visuellement apparents, particulièrement quand ils sont placés sur des structures existantes. Il se peut qu'il y ait un impact sur le caractère des édifices ou des paysages patrimoniaux. 	<ul style="list-style-type: none"> Consulter un spécialiste de la gestion des ressources culturelles de Parcs Canada dès les premières phases du processus de planification afin de discuter de la présence potentielle de ressources archéologiques et culturelles dans la région. Consulter la version préliminaire du document de Parcs Canada intitulé <i>Guide to Visual Impact Assessment</i> (en préparation) pour obtenir des orientations. Consulter un spécialiste de la gestion des ressources culturelles de Parcs Canada dès les premières phases du processus de planification pour s'assurer que les panneaux PV placés sur un bâtiment n'auront pas d'impact négatif sur le caractère patrimonial du bâtiment ou du paysage. Les travaux doivent être exécutés de manière à ce que les éléments définissant le caractère ne soient pas cachés, endommagés ou détruits (Parcs Canada, 2003, p. 6). Pour obtenir des orientations concernant les édifices fédéraux patrimoniaux, veuillez communiquer avec le BEEFP.
Expérience offerte aux visiteurs et impacts visuels	<ul style="list-style-type: none"> Les capteurs placés sur les toits peuvent parfois être vus de loin; de plus, les panneaux reflètent la lumière quand ils sont inclinés pour s'adapter à un faible angle solaire, ce qui les rend très visibles sur la rive d'un lac, par 	<ul style="list-style-type: none"> Consulter la version préliminaire du document de Parcs Canada intitulé <i>Guide to Visual Impact Assessment</i> (en préparation) pour obtenir des orientations. Réduire le plus possible l'impact visuel des panneaux PV en planifiant dans quelle mesure ils surplomberont le toit et

	Répercussions négatives potentielles	Mesures d'atténuation et suivi
	<p>exemple.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Durant la construction, il peut y avoir du bruit et les activités des visiteurs peuvent être perturbées. • Les visites au site pourraient varier (augmentation ou diminution) si l'expérience offerte est modifiée par l'augmentation de la capacité énergétique. Une utilisation accrue par les visiteurs peut entraîner des répercussions pour l'infrastructure si elle n'est pas gérée correctement. 	<p>en déterminant la superficie qui sera couverte par les panneaux si ceux-ci sont installés sur le toit.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Évaluer les répercussions sur d'autres infrastructures connexes afin de déterminer la capacité de faire face à une telle augmentation (toilettes, état des piste, stationnements). • Consulter le personnel du site chargé de l'expérience offerte aux visiteurs afin de déterminer des moyens de réduire les répercussions négatives pour les visiteurs. Consulter les mesures d'atténuation ci-dessus reliées à la réduction du bruit et des émissions provenant des génératrices de secours.
Santé et sécurité	<ul style="list-style-type: none"> • Il y a un risque d'accident associé à la chute de panneaux PV installés de façon inadéquate sur un toit ou une façade, ou à des tensions électriques entre des raccords électriques. • Des incendies touchant des bâtiments munis de panneaux PV peuvent entraîner la libération de substances chimiques toxiques (Kaltschmitt, 2007, p. 294). 	<ul style="list-style-type: none"> • Respecter les normes applicables touchant la construction et l'exploitation de systèmes PV.

4.4 Thermopompes géothermiques

« Thermopompe géothermique » est un terme générique qui désigne toutes les thermopompes utilisant la capacité thermique de la Terre comme source d'énergie (pour le chauffage) ou comme puits d'énergie (pour le refroidissement). Une thermopompe permet de transférer la chaleur du sol vers le bâtiment au cours d'un cycle de chauffage, ou de retirer la chaleur afin de refroidir un bâtiment en faisant recirculer la chaleur dans le sol ou dans l'air, où elle est dissipée.

Il existe deux types de systèmes géothermiques : les systèmes géothermiques directs et les systèmes géothermiques indirects. Les systèmes géothermiques directs utilisent la chaleur transférée près de la surface de la Terre par les activités volcaniques et tectoniques se produisant en profondeur, comme les geysers et les sources chaudes. Bien que les systèmes géothermiques directs puissent être exploités pour fournir de la chaleur, ils dépendent de caractéristiques géologiques et écosystémiques qui sont rares sur les sites de Parcs Canada et qui sont associées à des écosystèmes uniques pouvant contenir des organismes rares. Les systèmes géothermiques directs *ne sont pas* abordés dans les sections suivantes.

De leur côté, les systèmes géothermiques indirects utilisent la chaleur latente située plus près de la surface de la Terre, soit dans le sol, les aquifères, les océans, les lacs et les rivières. Il s'agit de systèmes de petite taille pouvant alimenter au plus quelques bâtiments. Le système mécanique utilisé est semblable à celui d'un réfrigérateur. Dans un système géothermique, le serpentin est cependant situé dans le sol ou dans l'eau, et le compresseur peut y prélever ou y délester de la chaleur (pour le refroidissement) à boucle ouverte ou à boucle fermée. Un système à boucle ouverte fait circuler l'eau à partir d'un puits ou d'un étang, puis l'eau est retournée dans l'environnement, habituellement à un endroit différent. Étant donné que les systèmes à boucle ouverte rejettent les [hydrofluides](#) usés dans une rivière ou dans le sol, l'eau de surface et l'air sont exposés aux contaminants qui sont présents dans les hydrofluides (DeGunther, 2009, p. 209); généralement, une fois utilisés, les hydrofluides devraient être retournés dans l'aquifère source puisque les propriétés chimiques peuvent être différentes d'une source d'eau à l'autre (eau souterraine, eau de surface et autres aquifères). En outre, un système à boucle ouverte peut drainer un aquifère au fil du temps, et il peut y avoir un dépôt minéral sur l'échangeur de chaleur, ce qui peut diminuer le rendement de la thermopompe. À certains endroits, ces types de systèmes peuvent également faire l'objet de restrictions réglementaires.

RÉALISATION À PARCS CANADA

FORT-BATTLEFORD

Au lieu historique national du Canada du Fort-Battleford, on a procédé à l'installation de deux thermopompes géothermiques : une pour la caserne n° 5 (2004) et une pour le nouveau centre d'accueil (2005). Les thermopompes géothermiques permettent de chauffer ou de climatiser les bâtiments. Puisque le gaz naturel n'est plus utilisé pour contrôler la température dans le bâtiment, les émissions de gaz à effet de serre sont réduites de 46,5 tonnes par année.

Voir [l'étude de cas 3](#),
à l'annexe D

Un système à boucle fermée utilise une boucle de tuyauterie ou un serpentin pour faire recirculer continuellement ses propres fluides à travers le sol ou l'eau et pour transférer la chaleur à l'aide d'un système mécanique. Il n'y a aucun échange physique d'eau avec l'environnement, et ce type de système est généralement préférable aux systèmes à boucle ouverte.

La qualité de la ressource géothermique peut varier d'un site à l'autre en fonction des caractéristiques géologiques et des aquifères en présence dans la région. Certaines sources d'énergie géothermique sont trop difficiles et chères à exploiter, telles que les sources présentes en profondeurs sous des terrains rocheux. Par ailleurs, il est possible que certains substrats (comme le sable sec) n'offrent pas un bon échange thermique.

Tableau 7: Configurations potentielles de systèmes géothermiques

Description	Boucle ouverte	Boucle fermée
Boucle avec aquifère	<ul style="list-style-type: none"> • Configuration à deux puits : un puits pour le prélèvement de l'eau et un puits pour le retour de l'eau¹. • Configuration à un puits : l'eau est prélevée dans le puits, puis elle passe dans la thermopompe avant d'être rejetée en surface². 	s. o.
Lac ou océan	<ul style="list-style-type: none"> • L'eau est prélevée dans le lac, puis elle passe dans la thermopompe avant de retourner dans le lac^{1,3}. 	<ul style="list-style-type: none"> • Il y a un serpentin d'échange thermique dans le lac, et le même fluide est en circulation constante dans le serpentin pour échanger la chaleur.
Configuration verticale	<ul style="list-style-type: none"> • Identique à ce qui est décrit ci-dessus pour la boucle ouverte avec aquifère; l'eau est prélevée dans un puits avant d'être rejetée dans l'environnement (par un autre puits ou dans l'eau de surface)^{1,2}. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dans les systèmes fermés, le même fluide est mis en circulation dans le serpentin pour échanger la chaleur. • Un ou plusieurs trous sont forés afin d'obtenir la longueur totale requise compte tenu de la charge calorifique des bâtiments, selon la capacité d'échange de chaleur du sol ou du substratum.
Configuration horizontale	<ul style="list-style-type: none"> • s. o. 	<ul style="list-style-type: none"> • L'installation d'un système géothermique à boucle souterraine nécessite la mise en place d'une boucle de tuyauterie enfouie dans

		une large tranchée située bien en deçà de la ligne de gel.
--	--	--

REMARQUE :

- ¹ Non recommandé, possibilité de contamination de l'aquifère.
- ² Non recommandé, tarissement de l'aquifère.
- ³ Peut entraîner le réchauffement ou le refroidissement de la température de l'eau du lac.

4.4.1 Considérations particulières liées à la planification de projets pour les thermopompes géothermiques

- Les ministères provinciaux et territoriaux de l'Environnement peuvent exiger le dépôt d'une demande pour la réalisation des activités suivantes : extraction, essai de pompage de 24 heures, surveillance au point d'injection, analyse des propriétés chimiques de base de l'eau, surveillance de la température au puits de pompage et au point d'injection, enquête avec vérification sur le terrain auprès d'autres utilisateurs de l'eau souterraine de la région et recours à un foreur de puits d'eau agréé.
- Consulter un archéologue professionnel pour déterminer si le projet peut avoir une incidence sur des [ressources archéologiques](#).
- À certains endroits, l'usage de certaines configurations (p. ex., systèmes ouverts) peut être restreint ou interdit.

Veillez consulter la [section 3.3.1](#) afin d'obtenir une description plus complète des exigences en matière d'information de base et de description de projet pour un projet d'énergie renouvelable proposé.

4.4.2 Avantages liés à l'utilisation des thermopompes géothermiques

- Les thermopompes sont plus sécuritaires et plus propres que les options de chauffage classiques. Elles ne produisent aucune toxine ni aucun polluant atmosphérique tel que la fumée, le monoxyde de carbone, la cendre ou le créosote (DeGunther, 2009, p. 220).
- Durant l'utilisation, aucun carburant n'a besoin d'être transporté vers le site et aucun déchet n'a besoin d'être transporté à l'extérieur du site.
- Les principaux éléments des systèmes géothermiques sont souterrains, ce qui rend l'empreinte écologique en surface de ces systèmes relativement faible et réduit leur impact visuel sur un site.
- Les impacts environnementaux sont habituellement modestes et localisés (bien que pour l'installation d'une boucle horizontale, notamment, une importante excavation puisse être nécessaire). La production énergétique est habituellement très fiable et disponible jour et nuit.
- D'après les connaissances actuelles, le recyclage des composantes du système ne cause aucun effet environnemental particulier (Katschmitt, 2007, p. 435).

Conseils sur les outils:

- Le logiciel GS2000, qui est utilisé par les professionnels en chauffage, ventilation et climatisation (CVC), permet d'établir les dimensions des échangeurs de chaleur souterrains destinés aux pompes géothermiques; ce logiciel est offert gratuitement par l'entremise du site de RNCAN à l'adresse http://canmetenergy-canmetenergie.nrcan-rncan.gc.ca/fra/outils_logiciels/gs2000.html

4.4.3 Exemples actuels d'utilisation de systèmes géothermiques

- Veuillez vous reporter à la réalisation de Parcs Canada (p. 45) et à l'[étude de cas 3](#), à l'annexe D, pour obtenir de l'information sur le système géothermique du lieu historique national du Canada du Fort-Battleford.

Pour obtenir plus d'information sur les systèmes géothermiques:

- Canadian Geothermal Energy Association, <http://www.cangea.ca/what-is-geothermal/geothermal-links> [en anglais seulement]
- L'Institut Pembina, <http://www.pembina.org/re/sources/geothermal> [en anglais seulement]

Tableau 8. Considérations relatives à l'évaluation des impacts des systèmes géothermiques

	Répercussions négatives potentielles	Mesures d'atténuation et suivi
Flore, faune et habitat	<ul style="list-style-type: none"> • L'excavation requise pour installer des thermopompes a des répercussions sur la végétation et le sol et pourrait mener à l'introduction de végétation non indigène. • La perturbation et le déplacement temporaires d'espèces sauvages peuvent survenir en raison des activités de construction. D'autres recherches devront être menées sur le sujet, mais les ressources géothermiques peuvent avoir une incidence sur les microclimats, ce qui peut avoir un effet sur le choix des aires d'hivernage et de repos pour certaines espèces sauvages, telles que les chauves-souris et les serpents. • Si certains éléments de votre système géothermique ne sont pas de la bonne taille (p. ex., les tuyaux souterrains verticaux sont trop petits), un refroidissement excessif du sol peut se produire, ce qui peut avoir des répercussions négatives sur le niveau d'activité de la faune terrestre (p. ex., lombrics) et sur la croissance de la végétation (Kaltschmitt, 2007, p. 433). En fin de compte, si vous retirez trop de chaleur du sol, vous causez des torts à l'environnement et à votre système. Le problème peut être plus important encore dans le cas des systèmes horizontaux, puisque la surface touchée serait plus importante que dans le cas d'un système vertical. • Dans le cas d'une boucle ouverte installée dans un 	<ul style="list-style-type: none"> • Mettre en œuvre les mesures d'atténuation normalisées dans le secteur de la construction (voir le tableau 2). • Cartographier les zones perturbées et en restaurer la végétation, au besoin. • Consulter un biologiste à propos de la présence possible de gîtes d'hivernage dans la région. Au besoin, relocaliser certaines composantes du système pour éviter de perturber des gîtes d'hivernage. • Réduire le plus possible l'ampleur des travaux d'excavation en choisissant le bon type de système (p. ex., vertical ou horizontal) et en plaçant les trous de forage à proximité ou à l'intérieur de l'installation. • Pour éviter tout refroidissement excessif, s'assurer que le système est de la bonne taille compte tenu de la charge calorifique du bâtiment. • Consulter un spécialiste de l'écologie aquatique pour évaluer les effets potentiels sur l'écosystème aquatique d'une boucle ouverte menant sur un lac, particulièrement en raison de la variation thermique.

	Répercussions négatives potentielles	Mesures d'atténuation et suivi
	<p>lac (voir le tableau 7), le système géothermique modifiera légèrement la température de la source d'eau, selon la saison et l'utilisation de l'eau (pour chauffer ou refroidir un bâtiment).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Les configurations en boucle ouverte peuvent également drainer l'aquifère. 	
Pollution de l'air, de l'eau et du sol	<ul style="list-style-type: none"> • Les systèmes à boucle ouverte peuvent exposer l'eau de surface et l'air à des contaminants. • L'équipement de forage, les tubes de forage et les équipements connexes peuvent causer la libération de polluants dans le sous-sol. Des changements chimiques ou biologiques peuvent être associés à la libération de fluides de forage (Kaltschmitt, 2007, p. 432). • Les fuites de fluide de circulation provenant de la portion mécanique de la thermopompe peuvent contaminer la zone avoisinante. Toute fuite devrait être apparente (Kaltschmitt, 2007, p. 432). Dans un système ouvert, la fuite peut se mélanger aux fluides du puits. • Des substances contaminant l'eau peuvent s'infiltrer dans le sol si la partie supérieure du puits de forage n'est pas bien scellée (Kaltschmitt, 2007, p. 434). • Durant le forage, il peut y avoir contamination croisée de différents niveaux d'eau souterraine. 	<ul style="list-style-type: none"> • Les systèmes à boucle fermée sont préférables aux systèmes à boucle ouverte car ils permettent d'éviter les problèmes de contamination et le drainage de l'aquifère. • Faire déterminer la taille du système par des professionnels en géothermie, puis forer et achever les puits. • À la fin des opérations, le puits doit être correctement scellé (Kaltschmitt, 2007, p. 495). • Mettre en œuvre des mesures d'atténuation normalisées en rapport avec les activités de forage afin d'éviter la contamination, la pollution bactériologique et les changements chimiques et biologiques dans le sous-sol (Kaltschmitt, 2007, p. 432) : <ul style="list-style-type: none"> ○ Utiliser des huiles synthétiques pour la lubrification de l'équipement de pompage et de forage, car leur faible niveau d'effets néfastes sur l'eau et leur biodégradabilité peuvent réduire les répercussions possibles sur l'environnement (Kaltschmitt, 2007, p. 435).

	Répercussions négatives potentielles	Mesures d'atténuation et suivi
		<ul style="list-style-type: none"> ○ L'appareil de forage doit être en mesure de prévenir la contamination croisée de différents niveaux d'eau souterraine durant l'installation des sondes géothermiques verticales (Kaltschmitt, 2007, p. 434). Les méthodes utilisées doivent être déterminées dans les soumissions.
Ressources archéologiques et culturelles	<ul style="list-style-type: none"> ● L'excavation et le forage peuvent perturber des ressources archéologiques enfouies. ● Les travaux d'installation peuvent nuire temporairement au paysage. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Consulter un spécialiste de la gestion des ressources culturelles de Parcs Canada dès les premières phases du processus de planification afin de discuter de la présence potentielle de ressources archéologiques et culturelles dans la région. ● Consulter un spécialiste de la gestion des ressources culturelles de Parcs Canada dès les premières phases du processus de planification pour s'assurer que les travaux sont réalisés de telle sorte que les éléments définissant le caractère ne soient ni cachés, ni endommagés, ni détruits (Parcs Canada, 2003, p. 6). Pour obtenir des orientations concernant les édifices patrimoniaux, veuillez communiquer avec le BEEFP. ● Consulter l'ébauche du document de Parcs Canada intitulé <i>Guide to Visual Impact Assessment</i> (en préparation) pour obtenir des orientations.
Expérience offerte aux visiteurs et impacts visuels	<ul style="list-style-type: none"> ● Les travaux liés à l'installation du système (p. ex., forage, creusement de tranchées, pompage) peuvent perturber l'utilisation du site par les visiteurs ainsi que le paysage. ● Durant la construction, les activités des visiteurs 	<ul style="list-style-type: none"> ● Le choix du site peut grandement contribuer à réduire les répercussions négatives sur l'expérience offerte aux visiteurs (p. ex., bruit et esthétique); les préoccupations liées à l'expérience offerte aux visiteurs doivent être prises en considération dès le

	Répercussions négatives potentielles	Mesures d'atténuation et suivi
	<p>peuvent être perturbées.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Durant la construction, le bruit peut déranger les visiteurs. 	<p>début de la phase de planification.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Les préoccupations liées à l'expérience offerte aux visiteurs doivent être prises en considération dès le début de la phase de planification. Consulter le personnel du site chargé de l'expérience offerte aux visiteurs afin de déterminer des moyens de réduire les répercussions négatives pour les visiteurs. Prévoir les activités de forage au cours des saisons où il y a moins de visiteurs.

4.5 Microcentrales hydroélectriques

L'énergie potentielle de l'eau se déplaçant d'un point élevé à un point moins élevé peut être transformée en électricité. L'eau est transférée dans une turbine et l'arbre de turbine fait tourner une génératrice, laquelle transforme cette énergie mécanique en électricité (Kishore, 2009, p. 527). Étant donné que l'eau est la source initiale de l'énergie électrique, on parle d'énergie hydroélectrique, ou tout simplement d'« hydroélectricité ».

Pour qu'un cours d'eau puisse être utilisé afin de mettre en place une centrale hydroélectrique, la [charge hydraulique](#) et le débit de l'eau doivent être suffisants à proximité de l'endroit où l'électricité sera utilisée. La charge et le débit sont les principaux facteurs qui déterminent la quantité de puissance ou d'énergie pouvant être obtenue au moyen d'une centrale hydroélectrique. D'autres facteurs déterminent aussi la quantité de puissance à laquelle on peut s'attendre, notamment la longueur de la conduite, la distance de transmission et la tension du système. Les systèmes hydroélectriques classiques tirent l'énergie présente dans le courant des rivières pour produire de l'électricité. En outre, les nouvelles technologies permettent la production d'énergie « hydrocinétique » en captant l'énergie des vagues, du courant et des marées. Cependant, les systèmes hydrocinétiques sont encore au stade expérimental au Canada et ne sont pas abordés dans le présent guide.

Bien que les termes « centrale au fil de l'eau » et « centrale micro-hydroélectrique » puissent être perçus comme désignant des systèmes inoffensifs n'ayant aucune répercussion sur l'environnement, ces types de systèmes peuvent quand même modifier la dynamique des sédiments, la qualité de l'eau et la connectivité, ce qui en retour a une incidence sur l'habitat et les espèces. Les [effets cumulatifs](#) doivent aussi être pris en compte, incluant les effets liés aux industries, à l'utilisation des terres et à tout autre système hydroélectrique (microcentrale, petite centrale ou système à grande échelle) présent sur une rivière ou un autre type de cours d'eau.

Le présent guide aborde uniquement les centrales hydroélectriques au fil de l'eau, incluant :

- Les systèmes de dérivation, qui utilisent seulement une portion du potentiel total de la rivière pour générer de l'énergie électrique et qui retournent l'eau dans la même rivière.

RÉALISATION À PARCS CANADA

PARC NATIONAL DU CANADA DES GLACIERS

Le projet, qui sera terminé en 2012, comprend l'installation et l'exploitation d'une microcentrale hydroélectrique de 5 kilowatts (kWh) au ruisseau Avalanche, près du terrain de camping Illecillewaet, dans le parc national du Canada des Glaciers.

Voir [l'étude de cas 4](#), à
l'annexe D

- Les turbines placées directement dans le lit d'une rivière. Il s'agit d'une technologie émergente pour laquelle les répercussions et les mesures d'atténuation potentielles n'ont pas été étudiées aux fins du présent guide.
- Un système avec filtres de captage dans le cours d'eau qui fonctionne sans barrage, alors que la prise d'eau se fait directement par un tuyau (voir l'[étude de cas 4](#)).
- Des systèmes intégrés à un barrage existant avec un bassin. Les barrages avec bassin ont des répercussions supérieures sur le passage et la protection des poissons et d'autres organismes aquatiques, de même que sur l'habitat, la dynamique des sédiments, la qualité de l'eau et les régimes thermiques. Veuillez noter que l'installation de **nouveaux** barrages sur les sites de Parcs Canada n'est pas souhaitable et ne sera généralement pas envisagée au cours de la rédaction de la *politique et de la directive de Parcs Canada sur l'hydroélectricité*. De plus, les répercussions et les mesures d'atténuation potentielles associées à ces types de systèmes (barrages avec bassin) ne sont pas abordées dans le présent guide.

Tableau 9. Exigences de base pour les microcentrales hydroélectriques aménagées sur une rivière (Oregon Department of Energy, 2011)

Charge	<ul style="list-style-type: none"> • Une charge élevée signifie que l'énergie disponible est plus importante. Donc, une charge élevée représente un avantage, car on a alors besoin de moins d'eau pour produire une quantité donnée d'électricité. • Si une quantité inférieure d'eau est requise, il est possible d'utiliser des canalisations et des turbines plus petites, plus efficaces et moins chères. • Les « basses chutes » désignent habituellement une variation de la hauteur de moins de 3 mètres. Une chute verticale inférieure à 0,61 mètre rend habituellement impossible la production d'hydroélectricité.
Débit de l'eau	<ul style="list-style-type: none"> • Un débit élevé peut compenser une basse chute, mais des turbines plus grosses et plus chères seront alors nécessaires. • Il peut être difficile de trouver une turbine qui fonctionnera efficacement dans le cas d'une très basse charge et d'un faible débit.
Exigences additionnelles	<ul style="list-style-type: none"> • La plupart des centrales micro-hydroélectriques sont utilisées avec des batteries qui stockent l'énergie générée en excès, mais un système pourrait aussi être relié au réseau de transport d'énergie électrique (DeGunther, 2009, p. 185).

4.5.1 Considérations particulières liées à la planification de projets pour les microcentrales hydroélectriques

Les renseignements suivants peuvent être utiles à des fins de planification et d'évaluation environnementale :

- Une évaluation des caractéristiques physiques du site proposé, incluant l'accès au site, les plans d'aménagement potentiels, la charge d'eau d'élévation, la puissance installée et la production énergétique potentielles, ainsi que les questions particulières liées au site.
- Les profils en aval et transversal de la rivière devront faire l'objet d'une étude avant la construction et à la fin de celle-ci.
- Un aperçu complet des conditions qui s'appliquent à l'exploitation de la ressource, notamment les facteurs économiques ainsi que les préoccupations liées à l'environnement, à la culture, à l'histoire, à la géologie, aux activités récréatives, aux vues panoramiques et aux questions juridiques.
- Des données à long terme sur le débit du cours d'eau en question seront nécessaires, notamment des données relatives à l'écoulement et au périmètre mouillé connexe, un profil des vitesses, et des données sur la température et le transport des sédiments.
- Les conditions de base concernant les invertébrés aquatiques, les poissons, la végétation et d'autres composantes environnementales pouvant être touchées seront requises.

Veillez noter qu'une étude de faisabilité complète devrait comprendre au moins 5 mesures du débit au cours d'une journée et au moins 12 lectures prises sur 12 jours, une à chaque mois de l'année, afin de définir l'hydrologie d'un site (Kishore, 2009, p. 532).

- Pour la section de la rivière à partir de laquelle de l'eau sera prélevée :
 - Les seuils pour le cours d'eau (p. ex., variation acceptable du débit sans qu'il y ait une incidence importante sur l'habitat des poissons, le mouvement des sédiments, etc.) doivent être établis. La méthode par plage de variabilité et indicateurs d'altération hydrologique (Richter *et al.*, 1996; 1997) sont recommandées. Une telle méthodologie imitera la variabilité naturelle du débit et aidera à faire en sorte que les exigences écologiques liées au débit sont respectées.
 - Déterminer les caractéristiques des tronçons en amont et en aval du système proposé et les effets de la microcentrale hydroélectrique proposée sur la dynamique des sédiments dans le cours d'eau, la formation de glace hivernale, le régime thermique, les espèces aquatiques et terrestres, le frai, le passage des poissons ainsi que la qualité et l'utilisation générales de l'habitat, l'interaction des poissons avec le système proposé, la population d'invertébrés et leur distribution.
 - Déterminer les variations de ces paramètres dues au prélèvement d'eau proposé; établir dans quelle mesure ces variations auront une incidence sur la communauté aquatique et la qualité de l'eau.

En outre, déterminer ce qui suit :

- Les espèces de poissons présentes dans le cours d'eau, leur âge, leur classe et leur taille.
- Dans quelle mesure le projet aura une incidence sur les cours d'eau en aval, en tenant compte particulièrement de la façon dont la connectivité du cours d'eau sera touchée (c.-à-d., les répercussions de l'infrastructure proposée sur le passage pour les espèces aquatiques)?
- Comment l'eau sera-t-elle prélevée dans le cours d'eau?
- La longueur, la taille et la couleur des tuyaux; il faudra aussi établir s'ils seront exposés ou enfouis, et s'ils devront être lestés pour éviter leur déplacement quand le captage est interrompu durant les périodes de crue ou pour des travaux d'entretien et de réparation.
- L'emplacement de la structure abritant la turbine.
- Comment l'eau retournera-t-elle dans la rivière?
- Les variations prévues de la température de l'eau.
- Les exigences relatives à l'accès pour la livraison et l'installation de l'équipement sur le site. Cela dépendra de la taille de la microcentrale hydroélectrique installée, de l'endroit où elle sera installée et du fait qu'elle sera enfouie ou non.
- La pente et le degré de stabilité du sol le long des tuyaux et à l'emplacement de la turbine.

Veuillez consulter la [section 3.3.1](#) afin d'obtenir une description plus complète des exigences en matière d'information de base et de description de projet pour un projet d'énergie renouvelable proposé.

4.5.2 Législation particulière liée aux microcentrales hydroélectriques

Si des poissons sont présents dans le cours d'eau en question, ou si le projet a une incidence sur un cours d'eau abritant des poissons, le protocole local de coordination avec le ministère des Pêches et des Océans doit être suivi. Si vous ne connaissez pas ce protocole, un spécialiste en évaluation environnementale de votre centre de service régional pourra vous donner de l'information à ce sujet. Une liste de personnes-ressources est disponible sur le site intranet de l'évaluation environnementale de Parcs Canada à l'adresse <http://intranet2/our-work/ecosystem-management-and-protection/environmental-assessment/contacts.aspx?lang=fr>.

Les initiatives hydroélectriques à Parcs Canada doivent aussi être conformes aux exigences législatives et réglementaires énoncées dans la *Loi sur les forces hydrauliques du Canada* et ses règlements d'application. Veuillez consulter la directive sur l'hydroélectricité (en cours d'élaboration) pour obtenir plus d'information sur les procédures à suivre pour exploiter l'hydroélectricité sur un site de Parcs Canada : http://intranet/content/realprop-immob/hydro-elec-water-fra/waterpower_amenagements-hydroelectriques.asp.

4.5.3 Avantages d'une microcentrale hydroélectrique

- Aucune batterie d'accumulateurs n'est requise, bien qu'il soit possible d'en utiliser pour stocker de l'énergie et permettre l'utilisation de celle-ci durant les périodes de prélèvement maximal.
- L'électricité peut être produite jour et nuit, peu importe les conditions météorologiques, si l'unité est conçue de façon à pouvoir fonctionner toute l'année (DeGunther, 2009, p. 186), contrairement à l'énergie solaire et à l'énergie éolienne, qui sont des sources variables et dépendantes de la température.
- Les petites turbines sont scellées et nécessitent peu d'entretien. Les lubrifiants n'entrent pas en contact avec l'eau. Aucune substance toxique n'est libérée directement durant l'exploitation des centrales hydroélectriques, sauf dans le cas de possibles fuites de lubrifiant.
- Les microcentrales hydroélectriques de basse chute peuvent être aménagées en plaçant un tuyau de captage muni d'un filtre directement dans le cours d'eau, ce qui élimine la nécessité de devoir construire un déversoir ou un barrage. Ces systèmes à faible débit avec tuyau de captage dans le cours d'eau n'ont habituellement aucun impact majeur.

4.5.4 Exemples actuels de microcentrales hydroélectriques

- Veuillez vous reporter à la réalisation de Parcs Canada (p.53) et à l'[étude de cas 4](#), à l'annexe D, pour obtenir de l'information sur la microcentrale hydroélectrique du terrain de camping Illecillewaet au ruisseau Avalanche, dans le parc national du Canada des Glaciers.

Pour obtenir plus d'information sur les microcentrales hydroélectriques:

- Cunningham, P. et I. Woofendan. Microhydro-electric systems simplified. *Home Power* 117, févr./mars 2007, p. 40-45.
- New, D. Intro to hydropower part 1: systems overview. *Home Power* 103, Oct./nov. 2004, p. 14-20.
- New, D. Intro to hydropower part 2: measuring head & flow. *Home Power* 104, Déc. 2004/janv. 2005, p. 42-47.
- Ostermeier, J. Pipeline Hydro-Electric penstock design. *Home Power* 125, Juin/juill. 2008, p. 56-62.

Tableau 10. Considérations relatives à l'évaluation des impacts des microcentrales hydroélectriques

	Répercussions négatives potentielles	Mesures d'atténuation et suivi
Flore, faune et habitat	<ul style="list-style-type: none"> • La perturbation de la végétation et l'introduction d'espèces végétales non indigènes peuvent survenir en raison du passage de l'équipement lourd, de l'excavation, de la construction et du stockage des matériaux : <ul style="list-style-type: none"> ○ Une excavation sera nécessaire si la conduite forcée (le tuyau qui transporte l'eau, sous pression, vers la turbine) est enfoui dans la terre entre la prise d'eau et l'emplacement de la turbine, ce qui est habituellement fait dans la zone riveraine. ○ Les câbles électriques reliant la turbine et le panneau de distribution électrique principal peuvent être enfouis ou aériens. Si les câbles électriques sont enfouis, l'excavation aura lieu en partie dans la zone riveraine. • La perturbation et le déplacement temporaires d'espèces sauvages terrestres peuvent survenir en raison des activités de construction. • Les microcentrales hydroélectriques peuvent avoir des répercussions sur les invertébrés aquatiques, les poissons et la végétation. Plus particulièrement, la qualité de l'eau et 	<ul style="list-style-type: none"> • Mettre en œuvre les mesures d'atténuation normalisées dans le secteur de la construction (voir le tableau 2). • Signaler la végétation riveraine sensible. • Choisir attentivement le site et éviter les cours d'eau et les rivières abritant des poissons, ce qui permettra de réduire la mortalité chez les poissons ainsi que la perturbation du frai et de la migration. Si possible, installer des microcentrales hydroélectriques dans des zones déjà perturbées afin de réduire le plus possible la perturbation des zones naturelles. • Des échelles et des passes à poissons ainsi que des barrières physiologiques peuvent être incorporées au système, mais cela entraîne une augmentation de l'impact visuel (Agence internationale de l'énergie, 1998, p. 105). • Positionner les zones de captage et d'évacuation à l'écart des frayères et des autres zones d'habitat importantes. • Une stratégie de lutte contre l'érosion et la sédimentation propre au site doit être préparée afin de réduire l'érosion et l'envasement durant et après la construction. • Un plan de restauration de la végétation sera requis dans les cas où l'excavation touchera la zone riveraine. Cartographier les zones perturbées, au besoin. Les profils en aval et transversal de la rivière devront faire l'objet d'une étude avant la construction et à la fin de celle-ci pour s'assurer de rétablir les conditions observées avant l'excavation.

	Répercussions négatives potentielles	Mesures d'atténuation et suivi
	<p>l'habitat aquatique peuvent être touchés de plusieurs façons, ce qui peut avoir une incidence sur les organismes aquatiques :</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Les périodes de faible débit sont prolongées, et il y a une perte de variation naturelle et diurne sur le plan du débit. Cela peut entraîner des changements touchant la zone riveraine et réduire l'habitat et le couvert pour les poissons ou les sites de frai. Sous un certain seuil, la diversité des poissons peut diminuer et la composition des espèces peut changer (Kaltschmitt, 2007, p. 382). ○ Une augmentation de la température de l'eau associée au rayonnement solaire peut entraîner une diminution de la teneur en oxygène et la prolifération d'algues (Kaltschmitt, 2007, p. 382) ○ Une diminution de la vitesse d'écoulement peut entraîner une baisse de la teneur en oxygène et de l'approvisionnement alimentaire ainsi qu'une augmentation des sédiments à grains fins, ce qui peut avoir une incidence sur la composition, la diversité et l'habitat des espèces 	<ul style="list-style-type: none"> ● La conduite forcée menant de la prise d'eau à la turbine doit être enfouie. Cela permet d'éviter les dommages causés par le déplacement de roches dans le cours d'eau et par le gel, et cela peut diminuer les impacts visuels négatifs. ● Utiliser la méthode avec approche par plage de variabilité et indicateurs d'altération hydrologique (Richter <i>et al.</i>, 1996; 1997) pour déterminer le pourcentage du débit qui peut être dévié tout en respectant les exigences écologiques sur le plan du débit. Ces cibles peuvent être modifiées au fur et à mesure que des données sur le débit seront obtenues. ● Surveiller le débit au cours d'une période de 2-3 ans pour déterminer si les seuils liés au débit peuvent être maintenus. Des dispositifs automatiques d'enregistrement du débit peuvent être installés sur le site, et une courbe des débits jaugés sera obtenue en suivant des techniques hydrologiques normalisées. ● Durant les saisons d'étiage, il faut être particulièrement attentif et s'assurer de respecter les exigences liées au débit minimal. Les critères en matière de débit minimal doivent être établis, incluant les critères précisant le moment où l'unité micro-hydroélectrique doit être arrêtée durant une année de sécheresse ou le moment où elle peut être remise en marche. ● Effectuer une évaluation de suivi pour déterminer si le débit d'eau modifié a entraîné des effets imprévus sur l'habitat, la température et les sédiments.

	Répercussions négatives potentielles	Mesures d'atténuation et suivi
	(Kaltschmitt, 2007, p. 379).	<ul style="list-style-type: none"> ○ Engager un ichtyobiologiste qualifié afin de réaliser une étude sur les poissons préalable au projet et une autre étude après l'installation de l'unité, de même qu'une évaluation de l'habitat (Parcs Canada, 2006, p. 21). ○ Une surveillance de suivi doit être réalisée pour comparer les changements prévus et réels sur le plan de l'eau d'évacuation et de la température. Un biologiste de la vie aquatique doit passer en revue les valeurs et, si nécessaire, le tuyau d'évacuation sera adapté pour amener la température à l'intérieur des limites acceptables.
Pollution de l'air, du sol et de l'eau	<ul style="list-style-type: none"> ● La qualité de l'eau peut être modifiée durant la phase de construction si des matériaux ou des particules de sol à grains fins se déplacent dans l'eau ou si la machinerie est mal nettoyée. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Utiliser des lubrifiants biodégradables ou, dans le cas de petites centrales hydroélectriques, utiliser des appareils ne nécessitant pas de lubrifiant (Kaltschmitt, 2007, p. 379). Mettre en œuvre des protocoles d'entretien, notamment pour le nettoyage de tous les graisseurs immédiatement après leur utilisation. ● Mettre en œuvre un plan de lutte contre l'érosion.
Ressources archéologiques et culturelles	<ul style="list-style-type: none"> ● L'excavation pour la mise en place de câbles électriques, de tuyaux ou de conduites forcées peut déplacer des ressources archéologiques. ● Des paysages importants et des points de vue à caractère patrimonial peuvent être modifiés par l'infrastructure. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Consulter un spécialiste de la gestion des ressources culturelles de Parcs Canada dès les premières phases du processus de planification pour discuter de la présence potentielle de ressources archéologiques et culturelles dans la région. Veuillez consulter les <i>Lignes directrices pour la gestion des ressources archéologiques</i> de Parcs Canada (2005), au besoin. ● Consulter les <i>Normes et lignes directrices pour la conservation des lieux patrimoniaux au Canada</i> (2003) et

	Répercussions négatives potentielles	Mesures d'atténuation et suivi
		<p>la version préliminaire du document de Parcs Canada intitulé <i>Guide to Visual Impact Assessment</i> (en préparation) pour obtenir des orientations au moment de tenir compte des impacts sur les paysages culturels.</p> <ul style="list-style-type: none"> • L'utilisation de câbles électriques aériens entre la turbine et le panneau de distribution permettrait de diminuer la nécessité d'excaver le sol mais augmenterait l'impact visuel.
Expérience offerte aux visiteurs et impacts visuels	<ul style="list-style-type: none"> • Les petits systèmes à turbine pourraient être considérés comme une intrusion visuelle, mais ils ont généralement un impact visuel limité, bien que les systèmes de basse chute soient très apparents. • Il peut y avoir un impact visuel négatif associé au capot ou à la boîte servant à protéger et à fixer la turbine ou associé à tout renfort ou toute fondation nécessaire. • Durant la construction, il peut y avoir du bruit et les activités des visiteurs peuvent être perturbées. 	<ul style="list-style-type: none"> • Le choix du site, l'aménagement paysager et le choix de matériaux judicieux permettront de réduire l'impact visuel d'une microcentrale hydroélectrique et pourraient réduire le bruit pour les visiteurs. • Les préoccupations liées à l'expérience offerte aux visiteurs doivent être prises en considération dès le début de la phase de planification. Consulter le personnel du site chargé de l'expérience offerte aux visiteurs afin de déterminer des moyens de réduire les répercussions négatives pour les visiteurs. Si possible, prévoir les travaux de construction au cours des saisons où il y a moins de visiteurs. • Une microcentrale hydroélectrique produit du bruit mais n'est généralement pas plus bruyante que la rivière en tant que telle. Le capot de la turbine ou la boîte de recouvrement peuvent être conçus de façon à réduire le bruit associé à la centrale au niveau ambiant mesuré à 7 m de la source.

4.6 Systèmes éoliens

Les éoliennes produisent de l'électricité quand le vent souffle. Une petite éolienne à axe horizontal ressemble à un avion muni d'une énorme hélice. Le vent pousse le gouvernail, lequel aligne l'hélice dans le vent, ce qui force l'alternateur (génératrice) à tourner et à produire un courant alternatif. Les unités modernes sont contrôlées par des microprocesseurs qui en optimisent l'efficacité. La fonction principale du gouvernail est de maintenir l'éolienne face au vent. Une centrale est constituée d'un convertisseur d'énergie éolienne (un rotor), d'une transmission mécanique et d'une génératrice (Kaltschmitt, 2007, p. 295). Les éoliennes de faible capacité indépendantes du réseau électrique peuvent être reliées à une batterie d'accumulateurs et à un régulateur de charge de batterie.

Deux types d'éoliennes ont été mis au point : les éoliennes à axe horizontal et les éoliennes à axe vertical. Les éoliennes à axe vertical présentent de nombreux avantages esthétiques et structuraux par rapport aux éoliennes à axe horizontal, mais elles ne sont pas largement utilisées. Les autres différences de conception comprennent le nombre de pales et le moyen utilisé pour contrôler la vitesse du rotor par grands vents. La plupart des modèles actuels ont trois pales. Les matériaux les plus souvent utilisés pour les pales sont le plastique renforcé de fibre de verre et le composite bois-résine époxy, car la légèreté des pales représente une propriété recherchée.

Les éoliennes en mer, qui sont proposées et mises en place plus fréquemment pour la production énergétique commerciale à grande échelle, ne sont pas abordées dans le présent rapport. Pour obtenir des directives sur la façon de gérer les projets de parcs éoliens à grande échelle (sur terre et en mer), veuillez consulter la version préliminaire du document de Parcs Canada intitulé *Guide to Environmental Assessment Considerations of Large-Scale Wind Energy Facilities Near Protected Heritage Areas* (en préparation).

Pour prévenir les interférences ou les turbulences associées à la rugosité de la surface, aux caractéristiques physiques et aux structures situées à proximité du sol, l'assemblage rotor-transmission-génératrice doit être fixé sur une tour à une distance adéquate du sol. La hauteur courante des tours de petites éoliennes varie de quelques mètres à environ 30 mètres. Les tours ont souvent une conception simple, comme les tours en treillis ou les tours tubulaires haubanés (DeGunther, 2009, p. 203).

Tableau 11. Exigences de base pour les éoliennes

Énergie éolienne	<ul style="list-style-type: none"> • La vitesse du vent doit dépasser en moyenne 6 m/s au moins 200 jours par année. La période maximale d'accalmie ne doit pas dépasser 48 heures (Kishore, 2009, p. 438). • Si possible, l'extrémité inférieure du rotor doit être positionnée au moins 10 m au-dessus de l'obstacle le plus élevé des environs (Kutz, 2007). • Les « batteurs à œufs éoliens » de toit, qui ne nécessitent pas de tour, sont maintenant disponibles. • Il faut avoir en main des données relatives au vent pour une période d'un an afin d'assurer une conception adéquate et de sélectionner un endroit
------------------	---

	approprié.
--	------------

4.6.1 Considérations particulières liées à la planification de projets pour les éoliennes

Les renseignements suivants peuvent être utiles à des fins de planification :

- La modélisation informatique de concepts d'éoliennes pour un site donné aide à estimer les ressources éoliennes et à améliorer la compréhension des questions d'ordre environnemental, visuel et acoustique.
- L'emplacement des voies migratoires et des corridors de déplacement des oiseaux à l'échelle locale. Les directives d'Environnement Canada (2007b) recommandent une surveillance de deux ans de la faune aviaire afin d'évaluer la variation annuelle sur le plan de l'utilisation du site.
- La vitesse minimale moyenne du vent ainsi que la façon dont cette vitesse a été déterminée (incluant la durée de la période de mesure). La vitesse du vent doit être mesurée à la hauteur proposée pour le moyeu de l'éolienne. Les mesures peuvent être prises en installant un mât de surveillance et en mettant en place des instruments de mesure des vents. Ces mesures doivent être prises pendant au moins un an afin d'obtenir de l'information sur la vitesse des vents à chaque saison.
- Une carte du site indiquant l'emplacement proposé pour la tour, l'accès au site, les exigences en matière de fondation et de tranchées, la hauteur de la tour et la hauteur de la tour au-dessus des arbres et des bâtiments.
- Le bruit potentiel créé par la tour et l'éolienne à différentes vitesses de vent. Le niveau de bruit ambiant actuel doit également être consigné. Les règlements locaux relatifs aux émissions de bruits doivent être notés.
- Interférence avec les itinéraires de vol et les radars³.

4.6.2 Avantages liés à l'utilisation du vent comme source d'énergie

- Les éoliennes n'émettent pas de substance toxique ni de gaz à effet de serre durant leur exploitation normale.
- Les projets d'éoliennes à petite échelle prennent peu d'espace et les éoliennes peuvent être fixées à des bâtiments.

³ NAV CANADA et Transports Canada (TC) sont responsables de la sécurité aéronautique et exigent que la construction d'éoliennes soit déclarée selon certains critères pour s'assurer que ces installations sont notées sur les cartes aéronautiques et les plans de vol et qu'elles sont correctement indiquées et éclairées aux fins d'identification visuelle par les aéronefs. NAV CANADA exige que la construction de toute éolienne dans un rayon de 10 km d'un aéroport (peu importe la hauteur) et de toute éolienne mesurant plus de 30,5 m à l'extérieur d'un rayon de 10 km fasse l'objet d'un avis. Le ministère des Transports est particulièrement préoccupé par l'éclairage et l'identification des éoliennes, et il doit être informé de la présence de toute éolienne dépassant 30 m (Jacques Whitford, 2008).

- On prévoit peu d'effets environnementaux néfastes en cas de défectuosité, p. ex., une fracture du rotor peut endommager la végétation (Kaltschmitt, 2007, p. 347).
- Les éoliennes sont principalement composées de matériaux métalliques, lesquels devraient être recyclables après utilisation (Kaltschmitt, 2007, p. 348).
- L'électricité peut être générée en tout temps, le jour et la nuit, tant et aussi longtemps que le vent souffle. À certains endroits, il vente pratiquement toujours, et seule l'importance du vent varie (DeGunther, 2009, p. 204).

Conseils sur les outils :

- Le Wind Atlas Analysis and Application Program (WAsP) peut être utilisé pour réaliser une étude d'implantation pour des éoliennes, pour effectuer des calculs sur la production énergétique, pour cartographier les ressources éoliennes, pour estimer le vent selon le climat, pour produire un atlas éolien et pour analyser les données sur les vents. <http://www.wasp.dk/Products/WAsP.html> [en anglais seulement]
- L'Atlas canadien d'énergie éolienne comprend des cartes en couleurs représentant la vitesse et la puissance moyennes des vents pour l'ensemble du pays, ainsi que les caractéristiques géophysiques correspondantes, de même que des fichiers de données pouvant être téléchargés en vue de faire des simulations personnalisées. <http://www.windatlas.ca/fr/index.php>
- Les données satellitaires et les techniques basées sur un système d'information géographique (SIG) sont utiles pour l'analyse et la planification de l'énergie éolienne. Un SIG permet de superposer un grand nombre de couches; dans le cas des vents, il pourrait s'agir de courbes de niveau, de rugosité de surface, de végétation, de zones forestières, de couvert vertical au sol, d'habitations, de rayonnement solaire, de couvert nuageux, etc.
- RETscreen International[®] est un programme qui a été mis au point par RNCAN et qui permet de modéliser et d'analyser tout projet d'énergie propre à l'aide d'un processus en cinq étapes. Il est possible de télécharger gratuitement le programme à l'adresse suivante : <http://www.retscreen.net/fr/centre.php>

4.6.3 Exemples actuels d'éoliennes

- Lieu historique national du Canada de la Piste-Chilkoot
- Lieu historique national du Canada du Fort-Battleford
- Parc national du Canada de l'Île-du-Prince-Édouard
- Réserve de parc national du Canada de l'Archipel-de-Mingan
- Parc national du Canada des Îles-du-Saint-Laurent

Tableau 12. Considérations relatives à l'évaluation des impacts des systèmes éoliens

	Répercussions négatives potentielles	Mesures d'atténuation et suivi
Flore, faune et habitat	<ul style="list-style-type: none"> • Une compaction, de l'érosion et l'élimination de végétation peuvent survenir durant la construction du site. Il est possible qu'une route d'accès soit nécessaire, de même qu'une fondation, des tranchées de service, des haubans et des socles de ciment. • Perturbation de la vie sauvage durant la construction et l'exploitation, incluant le déplacement d'espèces à l'extérieur d'un habitat adéquat (évitement de l'infrastructure, activités de construction, présence humaine ou bruit). • Les répercussions négatives pour la faune aviaire peuvent comprendre des décès directs liés à des collisions avec les pales des éoliennes, les tours ou les haubans (Parcs Canada, en préparation). En outre, les projets éoliens peuvent avoir une incidence négative sur les oiseaux en raison de la perturbation et de la perte d'habitat. • Les éoliennes peuvent avoir un effet direct sur les chauves-souris en raison de collisions, de barotraumatismes (lésions aux tissus internes causées par une chute importante de la pression à proximité des pales des éoliennes) et de perturbations sensorielles (Parcs Canada, en préparation). 	<ul style="list-style-type: none"> • Mettre en œuvre les mesures d'atténuation normalisées dans le secteur de la construction (voir le tableau 2). • Si possible, placer les fondations des éoliennes sur des sites déjà perturbés afin de réduire le plus possible les répercussions négatives sur la végétation indigène et les sols. Les petites éoliennes peuvent parfois être fixées à des bâtiments de manière à réduire leur empreinte écologique. • Les possibles effets néfastes pour la faune aviaire varient grandement en fonction de l'emplacement et d'autres variables. Il est nécessaire de choisir attentivement le site afin de réduire la mortalité chez les oiseaux. Un ornithologue, un spécialiste en baguage des oiseaux ou un biologiste ayant de l'expérience en matière de déplacements d'oiseaux et de biologie aviaire devraient fournir une évaluation des corridors de déplacement des oiseaux par rapport aux options d'emplacements pour les éoliennes. • Une surveillance de suivi portant sur les cas de décès chez les oiseaux et les chauves-souris doit être incluse. Consulter les documents d'orientation d'Environnement Canada pour concevoir et effectuer une surveillance de suivi (voir l'encadré ci-après pour obtenir plus d'information). • Les effets néfastes sur la faune aviaire et les chauves-souris sont non seulement liés à l'emplacement du site, mais aussi à l'ampleur du projet. Les installations d'éoliennes de Parcs Canada seront probablement de petite envergure et viseront à répondre aux besoins opérationnels d'un site. De telles installations pourraient être associées à un faible niveau de préoccupation, selon les considérations propres au site.
Pollution de l'air,	<ul style="list-style-type: none"> • Les rejets accidentels de lubrifiants, la poussière ainsi que l'érosion 	<ul style="list-style-type: none"> • Mettre en œuvre des mesures d'atténuation normalisées pour

du sol et de l'eau	observée durant la construction de la tour peuvent avoir une incidence négative sur la qualité de l'eau de surface.	l'application et l'élimination des lubrifiants.
Ressources archéologiques et culturelles	<ul style="list-style-type: none"> • Les travaux d'excavation effectués pour les fondations et la mise en place des câbles électriques peuvent avoir une incidence sur les ressources archéologiques. • Les éoliennes peuvent avoir une incidence sur des paysages importants et des points de vue patrimoniaux significatifs sur des sites de Parcs Canada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Il faut éviter les sites présentant des paysages importants et des points de vue patrimoniaux significatifs qui peuvent subir des répercussions négatives en raison des éoliennes. • Consulter un spécialiste de la gestion des ressources culturelles de Parcs Canada dès les premières phases du processus de planification pour discuter de la présence potentielle de ressources archéologiques et culturelles dans la région. Si possible, placer les fondations des éoliennes sur des sites déjà perturbés. • La planification attentive des phases préliminaires d'un projet éolien et le choix attentif du site réduiront les répercussions négatives sur les ressources culturelles, incluant les effets visuels. Consulter les <i>Normes et lignes directrices pour la conservation des lieux patrimoniaux au Canada</i> (2003) et la version préliminaire du document de Parcs Canada intitulé <i>Guide to Visual Impact Assessment</i> (en préparation) pour obtenir des orientations au moment de tenir compte des impacts sur les paysages culturels.
Expérience offerte aux visiteurs et impacts visuels	<ul style="list-style-type: none"> • Les tours sont plus élevées que les caractéristiques naturelles environnantes et peuvent être visuellement intrusives, et ce, même à grande distance. Cette constatation s'applique particulièrement aux plaines et aux sites exposés dans les chaînes de montagnes basses. • Les effets visuels particuliers associés aux éoliennes comprennent : <ul style="list-style-type: none"> ○ Dans les cas de rayonnement solaire direct élevé, une réflexion lumineuse ou un « effet stroboscopique » peut être observé sur les pales du rotor si le rayonnement solaire est réfléchi par la surface des pales. En raison de la surface concave des pales, la fréquence d'un tel événement est 	<ul style="list-style-type: none"> • Si le choix des sites est limité, des mesures d'atténuation doivent être mises en œuvre afin d'assurer l'intégration harmonieuse de l'éolienne avec les éléments patrimoniaux du site de Parcs Canada. Pour ce faire, on doit avoir recours à un spécialiste de la gestion des ressources culturelles. Consulter les <i>Normes et lignes directrices pour la conservation des lieux patrimoniaux au Canada</i> (2003) et la version préliminaire du document de Parcs Canada intitulé <i>Guide to Visual Impact Assessment</i> (en préparation) pour obtenir des orientations au moment de tenir compte des impacts sur les paysages culturels. • Des programmes informatiques sont disponibles pour évaluer les effets visuels des éoliennes au cours de la phase de planification. Des consultants spécialisés peuvent aussi être en mesure de fournir un

	<p>habituellement limitée.</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Une ombre mouvante est créée par les pales du rotor quand le soleil brille; un tel effet est appelé « effet stroboscopique ». La quantité d'ombre créée varie en fonction de la météo et de la hauteur du soleil. Un effet stroboscopique peut être une source d'inconfort. ○ Tout bâtiment présent dans la zone ombragée peut être soumis à un « effet stroboscopique » lorsque les ombres des pales de l'éolienne passent devant les fenêtres, empêchant ainsi de façon intermittente la lumière de pénétrer dans le bâtiment. <ul style="list-style-type: none"> ● Il est possible que des feux clignotants doivent être placés sur les tours – veuillez consulter Transports Canada pour obtenir plus de détails. ● Les sons audibles provenant de l'éolienne sont principalement causés par le bruit des pales du rotor et par la propagation de sons provenant de la boîte d'engrenages et de la génératrice. <ul style="list-style-type: none"> ○ Le bruit des pales est le bruit le plus important produit par une éolienne. ○ Le bruit produit à des vitesses de vent faibles et moyennes peut être plus important, en l'absence du bruit ambiant produit par les grands vents. ○ Les grosses pales produisent plus de bruit puisque leur surface de contact avec l'air est plus grande. ● Du bruit est également associé aux forts vents passant à travers les haubans. 	<p>modèle d'évaluation et une analyse de l'impact visuel pour les projets pouvant être litigieux.</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Préciser que l'éolienne doit présenter des pales peu réfléchissantes afin de réduire l'effet stroboscopique (Kaltschmitt, 2007, p. 345). ○ Planifier attentivement les phases préliminaires d'un projet d'éoliennes et choisir soigneusement le site afin de réduire l'impact des éoliennes en termes d'effet stroboscopique. ○ Choisir des sites à l'écart des bâtiments à bureaux et des kiosques, des zones utilisées durant le jour et des terrains de camping afin de diminuer la possibilité que les effets stroboscopiques gênent les visiteurs ou le personnel. <ul style="list-style-type: none"> ● Les tours pleines sont moins dérangeantes que les mâts en treillis, tandis que les rotors comptant 3 pales sont généralement mieux acceptés que ceux comptant moins de pales (Kaltschmitt, 2007, p. 346). ● Consulter les intervenants locaux dès les premières phases de la planification pour discuter de l'emplacement des éoliennes. ● Diminuer les répercussions négatives associées aux sons audibles provenant des éoliennes en choisissant attentivement le site, en respectant les limites de bruit prévues par la réglementation ou recommandées et en achetant des éoliennes modernes répondant à des normes élevées. Les options de conception proposées ne doivent pas dépasser le niveau de bruit ambiant durant les périodes calmes et venteuses. Les gestionnaires de projet doivent préciser les limites acceptables de bruit dans le contrat sur les spécifications du projet. ● Les niveaux de bruit doivent être surveillés à long terme, et des modifications doivent être apportées si possible et au besoin.
Santé et sécurité	<ul style="list-style-type: none"> ● La glace présente sur les pales d'une éolienne peut tomber ou être 	<ul style="list-style-type: none"> ● Bien que la défaillance des pales et l'éjection de morceaux de glace

	<p>éjectée.</p> <ul style="list-style-type: none">• Des conditions de vents extrêmement forts peuvent détruire ou endommager une éolienne (DeGunther, 2009, p. 204). La foudre, une interférence humaine ou des défauts de fabrication peuvent aussi entraîner occasionnellement une défaillance dangereuse des pales.• Les éoliennes émettent des sons à des fréquences que les humains ne peuvent pas entendre. Certains chercheurs ont suggéré que ces infrasons pourraient avoir des effets sur le système nerveux humain et causer des problèmes de santé, tandis que d'autres ne sont pas d'accord pour dire qu'il y a des effets sur la santé induits par les niveaux de bruits produits par les éoliennes (Weis, sans date, p. 2).• La modulation d'amplitude est définie comme la hausse et la baisse du son modulé (on parle parfois de « souffle ») qui sont produites chaque fois que les pales passent devant la tour. Des plaintes ont été documentées, mais il n'y a aucune preuve scientifique montrant clairement que la modulation d'amplitude cause des problèmes de santé.	<p>soient rares, une sélection attentive du site peut réduire au minimum le risque pour la santé et la sécurité humaines. Laisser une zone tampon adéquate entre les éoliennes et les zones habituellement occupées (terrains de camping, aires de pique-nique, attractions).</p> <ul style="list-style-type: none">• Les effets à long terme sur la santé associés au bruit des éoliennes ne sont toujours pas connus. Consulter les intervenants locaux dès les premières phases de la planification pour discuter de l'emplacement de l'éolienne et des préoccupations connexes.
--	--	---

Pour obtenir plus d'information sur les systèmes éoliens:

- Woofenden, I. Wind-electric systems simplified. *Home Power*, n° 110, décembre 2005/janvier 2006, p. 10-16.
- Woofenden, I. Wind generator tower basics. *Home Power*, n° 105, février/mars 2005, p. 64-68.

Les quatre documents suivants fournissent des orientations pouvant se rapporter davantage à des projets éoliens à grande échelle, mais ils peuvent aussi comprendre des renseignements liés à l'évaluation environnementale pouvant présenter un intérêt pour les projets de petite envergure :

- Environnement Canada. 2007a. *Les éoliennes et les oiseaux : Document d'orientation sur les évaluations environnementales*. Décrit l'information requise dans une évaluation environnementale afin de déceler, d'évaluer, de surveiller et d'atténuer les effets néfastes potentiels de ces installations sur les oiseaux, particulièrement les oiseaux migrateurs et les espèces en péril. Document disponible à l'adresse suivante : <http://www.ec.gc.ca/publications/9B1BDC4A-E66F-4EAD-B5A9-20475F7DB29B/LesEoliennesEtLesOiseaux.pdf>.
- Environnement Canada. 2007b. *Protocoles recommandés pour la surveillance des impacts des éoliennes sur les oiseaux*. Fournit des orientations concernant la conception et la réalisation d'activités de surveillance de suivi à propos des impacts d'oiseaux. Le document est disponible à l'adresse suivante : <http://www.ec.gc.ca/publications/C8CE090E-9F69-4080-8D47-0622E115A4FF/ProtocolesRecommandes.pdf>.
- Kingsley, A. et Whittam, B. 2005. *Les éoliennes et les oiseaux : revue de la littérature pour les évaluations environnementales*, version provisoire du 12 mai 2005, Gatineau, Québec. Préparé par Études d'oiseaux Canada pour Environnement Canada, Service canadien de la faune. Disponible en ligne en anglais seulement, à l'adresse suivante : http://www.energy.ca.gov/windguidelines/documents/other_guidelines/2006-05-12_BCKGRD_ENVIRMTL_ASSMNT.PDF
- Parcs Canada (en préparation). Version préliminaire du document de Parcs Canada intitulé *Guide to Environmental Assessment Considerations for Large-Scale Wind Energy Projects Near Protected Heritage Areas*.

5 Références

- Agence internationale de l'énergie. 1998. *Benign energy? The Environmental Implications of Renewables*. Organisation de coopération et de développement économiques, Paris, France.
- Atco Energy Sense. 2009. *Energy Management Plan, Jasper Park: All Properties*. Préparé pour le parc national du Canada Jasper, Jasper, Alberta.
- Breeze, P. et al. 2009. *Renewable Energy Focus Handbook*. Elsevier Inc., Oxford.
- Canadian Renewable Energy Alliance. Février 2009. *Fact Sheet: Renewable Power in the 21st Century*. www.canrea.ca [en anglais seulement]
- CBCL Limited. Mars 2009. *Energy Efficiency Study for Cape Breton Field Unit*. Préparé pour Parcs Canada par CBCL Limited Consulting Engineers.
- Conseil du Trésor du Canada. 2009. *Guide de la gestion des biens immobiliers*. Disponible à l'adresse <http://www.tbs-sct.gc.ca/rpm-gbi/doc/gmrp-ggbi/gmrp-ggbi-fra.pdf>
- DeGunther, R. 2009. *Alternative Energy for Dummies*. Wiley Publishing, Inc. Hoboken, NJ.
- Diesendorf, M. 2007. *Greenhouse Solutions with Sustainable Energy*. University of New South Wales Press, Sydney, Nouvelle-Galles du Sud.
- Environnement Canada. 2007a. *Les éoliennes et les oiseaux – Document d'orientation sur les évaluations environnementales*. Disponible en ligne à l'adresse <http://www.ec.gc.ca/publications/9B1BDC4A-E66F-4EAD-B5A9-20475F7DB29B/LesEoliennesEtLesOiseaux.pdf>
- Environnement Canada. 2007b. *Protocoles recommandés pour la surveillance des impacts des éoliennes sur les oiseaux*. Disponible en ligne à l'adresse <http://www.ec.gc.ca/publications/C8CE090E-9F69-4080-8D47-0622E115A4FF/ProtocolesRecommandes.pdf>
- Environnement Canada. 2010. *Planifier un avenir durable – Stratégie fédérale de développement durable pour le Canada*, Bureau du développement durable. Disponible en ligne à l'adresse <http://www.ec.gc.ca/dd-sd/default.asp?lang=Fr&n=F93CD795-1>
- Hester, R.R. et Harrison, R.M. 2003. *Sustainability and environmental impact of renewable energy sources issues in environmental science and technology*. The Royal Society of Chemistry, Cambridge, Royaume-Uni.

- Horvath, G. *et al.* 2010. Reducing the maladaptive attractiveness of solar panels to polarotactic insects. *Conservation Biology* 24. Sous presse.
- Jacques Whitford. *Les dispositions types en matière d'éoliennes et de pratiques exemplaires à l'intention des municipalités, des collectivités rurales et des secteurs non constitués en municipalité du Nouveau-Brunswick*. Préparé pour le ministère de l'Énergie du Nouveau-Brunswick, 25 novembre 2008.
- Kaltschmitt, M., W. Streicher, A. Wiese, éd. 2007. *Renewable Energy Technology, Economics and Environment*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York.
- Kishore, V.V.N. 2009. *Renewable Energy Engineering and Technology*. Earthscan, Londres, Angleterre.
- Kutz, M. 2007. *Environmentally Conscious Alternative Energy Production*. John & Wiley Sons, Inc., Hoboken, NJ.
- Loi canadienne sur l'évaluation environnementale, Lois du Canada, 1992, chapitre 37.*
- MacIntosh, R.W. Janvier 2010. *Community Energy Assessment – Jasper, Alberta*. Projet de maîtrise présenté à la faculté des études supérieures pour satisfaire en partie aux exigences liées à la maîtrise en développement énergétique durable de l'Université de Calgary, Calgary, Alberta.
- Marken, Chuck. Solar collectors. *Home Power*. Octobre/novembre 2009, numéro 133.
- McAllister, C., A. Scott, R. Boud. Novembre 2009. *Small-scale Renewable and Low-Carbon Technology Non-Domestic Permitted Development Review*. Department for Communities and Local Government, Londres, Angleterre.
- Oregon Department of Energy. (2011). *Micro-Hydroelectric Systems*. Consulté sur le site http://www.oregon.gov/ENERGY/RENEW/Hydro/Hydro_index.shtml, 13 juillet 2011
- Parcs Canada (en préparation). *Draft Guide to Environmental Assessment Considerations of Large-Scale Wind Energy Developments Near Protected Heritage Areas*. Rapport non publié.
- Parcs Canada (en préparation). *Draft Parks Canada Guidance on Visual Impact Assessment*. Rapport non publié.
- Parcs Canada (en préparation). *Draft Parks Canada Guide to Assessing Impacts on Cultural Resources under Environmental Assessment Regimes*. Rapport non publié.

- Parcs Canada. 1994. *Principes directeurs et politiques de gestion de Parcs Canada*. Ministre des Approvisionnement et Services Canada. Sa Majesté la Reine du Chef du Canada.
- Parcs Canada. 2003. *Normes et lignes directrices pour la conservation des lieux patrimoniaux au Canada*. Sa Majesté la Reine du Chef du Canada.
- Parcs Canada. 2005. *Lignes directrices pour la gestion des ressources archéologiques*. Sa Majesté la Reine du Chef du Canada.
- Parcs Canada. 2006. *Draft Environmental Screening Report Haffner Creek Micro-Hydro Project Kootenay National Park*.
- Ramlow, B., B. Nusz. 2010. *Solar Water Heating – Revised and Expanded; A Comprehensive Guide to Solar Water and Space Heating Systems*. New Society Publishers, île Gabriola, Colombie-Britannique.
- Richter, B.D. *et al.* 1996. A method for assessing hydrological alteration within ecosystems. *Conservation Biology*.10(4), p. 1163-1174.
- Richter, B.D. *et al.* 1997. How much water does a river need? *Freshwater Biology*. 37: p. 231–249.
- Sanchez, J. Décembre 2009/Janvier 2010. 2010 PV Module Guide. *Home Power Magazine*, Ashland, Oregon, p. 50-61.
- Tester, J.W. *et al.* 2005. *Sustainable Energy: Choosing Among Options*. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA.
- Weis, T. (sans date). *Wind Power Realities: Putting Wind Power Myths into Perspective*. The Pembina Institute. Téléchargeable depuis le site <http://re.pembina.org>
- Winebrake, J.J. 2004. *Alternate Energy: Assessment and Implementation Reference Book*. Fairmont Press, Inc., Lilburn, GA.

Annexe A: Glossaire

Abaque d'ensoleillement : Diagramme de la position du soleil pour un endroit donné, selon l'heure du jour et le moment de l'année (voir l'[annexe C](#) pour obtenir un exemple). Il permet de déterminer et de noter les objets qui feront de l'ombre à un système de capteurs solaires, peu importe son emplacement. On peut ainsi choisir le meilleur endroit pour un système de capteurs solaires et déterminer les arbres et tout autre obstacle qui pourraient devoir être enlevés. L'abaque d'ensoleillement facilite également la détermination du potentiel d'énergie solaire.

Analyse du cycle de vie : Processus visant à faire l'inventaire de tous les impacts associés à chaque phase d'un processus ou de la production d'un produit, allant des matériaux bruts jusqu'à la transformation, à la fabrication, à la distribution, à l'utilisation, à la réparation, à l'entretien, à l'élimination finale ou au recyclage des matériaux (Hester et Harrison, 2003, p. 36).

Charge hydraulique : Force exercée par une colonne de liquide exprimée par la hauteur du liquide au-dessus du point auquel la pression est mesurée. Bien que la charge désigne une distance ou une hauteur, elle est utilisée pour exprimer une pression, puisque la forme de la colonne de liquide est directement proportionnelle à sa hauteur. Consulté sur le site [http://www.engineering-dictionary.org/HYDRAULIC HEAD](http://www.engineering-dictionary.org/HYDRAULIC_HEAD) le 13 juillet 2011.

Chauffe-eau solaire à thermosiphon : Système basé sur le principe de la convection naturelle – c'est-à-dire que l'eau chaude monte et l'eau froide coule. Dans ce type de système, un capteur solaire (capteur à tubes sous vide ou capteur plan) est situé sous un réservoir de stockage, où le liquide chauffé monte et est stocké. Pour plus d'information à ce sujet, voir le site : <http://www.house-energy.com/Solar/System-Thermosyphon.htm> [en anglais seulement].

Dépassement : valeur dépassant un niveau de référence établi.

Détermination de la portée : Dans le cas d'une évaluation environnementale, la détermination de la portée désigne la tâche consistant à déterminer les composantes du projet proposé devant être considérées comme faisant partie du projet aux fins de l'évaluation environnementale. Pour obtenir plus d'information sur la détermination de la portée, veuillez consulter le [Guide de conformité à la Loi canadienne sur l'évaluation environnementale de Parcs Canada](#).

Édifice patrimonial : Édifice appartenant au gouvernement fédéral auquel le ministre de l'Environnement a attribué la désignation « classé » ou « reconnu » (Conseil du Trésor, 2009, p. 93).

Effet cheminée : Tendence de l'air chauffé à s'élever dans un conduit ou dans un autre passage vertical.

Effets cumulatifs : Impact additionnel d'une action qui s'ajoute aux impacts des actions passées, présentes et raisonnablement prévisibles.

Hydrofluide : Dans un système géothermique fermé, il s'agit d'un mélange composé de liquide antigel et d'eau circulant à travers la boucle souterraine et la thermopompe. Dans les systèmes à boucle ouverte, l'eau circule dans le système et est rejetée à l'autre extrémité. Le terme hydrofluide fait globalement référence à l'un ou l'autre des types de fluides (eau ou mélange eau-antigel) circulant dans un système géothermique.

Mesures d'atténuation : Maîtrise efficace, réduction importante ou élimination des effets environnementaux négatifs d'un projet, éventuellement assortie d'actions de rétablissement notamment par remplacement ou restauration; y est assimilée l'indemnisation des dommages causés (*Loi canadienne sur l'évaluation environnementale*, 1992).

Programme de suivi : Programme visant à :

- a) vérifier l'exactitude de l'évaluation environnementale d'un projet;
- b) déterminer l'efficacité de toute mesure prise dans le but d'atténuer les effets environnementaux négatifs du projet.

Ressource archéologique : Tout élément tangible d'activités humaines d'intérêt historique, culturel ou scientifique. Par exemple, les aménagements et les traces, les objets archéologiques et les vestiges, se trouvant sur un site archéologique ou qui en proviennent, ou encore un objet enregistré comme une découverte archéologique isolée, sont des ressources archéologiques (Parcs Canada 2005, p. 22).

Ressource culturelle : Œuvre humaine ou endroit présentant des signes évidents d'activités humaines ou ayant une signification spirituelle, dont la valeur historique a été reconnue (Parcs Canada, 1994, p. 101).

Solar Pathfinder^{MC} : Outil d'analyse de sites permettant d'analyser le potentiel solaire d'un endroit donné.

Annexe B: Orientation optimale des panneaux

Le fait qu'un champ de panneaux solaires ne soit pas orienté vers le sud vrai ou selon un angle vertical optimal au-dessus de l'horizon a une incidence sur la quantité d'énergie solaire reçue par les panneaux et, par conséquent, sur leur potentiel de rayonnement solaire. Vous trouverez ci-dessous un exemple de l'énergie solaire captée à Edmonton, en Alberta, à 53,3° de latitude, par des champs de panneaux orientés différemment. Les calculs pour votre emplacement peuvent être obtenus en utilisant des calculateurs en ligne, tels que le calculateur PVWatts qui est offert sur le site www.nrel.gov/rredc/pvwatts [en anglais seulement].

La production énergétique et la différence du point de vue financier entre l'utilisation d'une orientation non optimale et l'ajout de panneaux ou d'un système de poursuite du soleil peuvent être évaluées plus facilement quand un tel tableau de calcul est créé pour votre emplacement. Par exemple, il peut être plus économique d'acheter quelques panneaux additionnels plutôt que d'acheter un système de poursuite du soleil pour obtenir la même énergie. Les systèmes de poursuite du soleil optimiseront votre potentiel énergétique, mais ils peuvent être chers, ils nécessitent de l'entretien et leur durée de vie est plus courte comparativement aux ensembles de panneaux dont le système de fixation s'ajuste manuellement.

Système fixe	Est	Sud-est	Sud	Sud-ouest	Ouest
Inclinaison des panneaux 53°	794	1 082	1 194	1 070	774
43°	828	1 098	1 200	1 085	809
33°	855	1 090	1 178	1 079	837

Système de poursuite à un axe de rotation	Est	Sud-est	Sud	Sud-ouest	Ouest
Inclinaison des panneaux 53°	1 138	1 432	1 552	1 417	1 120
43°	1 182	1 454	1 560	1 437	1 164
33°	1 218	1 456	1 544	1 442	1 201

Système de poursuite à deux axes de rotation	1 677 kWh d'énergie/ année
--	----------------------------------

*Effets de l'orientation sur la production PV en kWh/année

Source : PVWatts, champ de panneaux PV de 1 kW, à Edmonton, Alberta, 53,3° de latitude

Annexe C: Utiliser un abaque d'ensoleillement

Un abaque d'ensoleillement fournit un diagramme de la position du soleil pour votre site, selon l'heure du jour et le moment de l'année (diagramme 1). Il permet de déterminer et de noter les objets qui feront de l'ombre à un système de capteurs solaires, peu importe son emplacement. Vous pourrez ainsi choisir le meilleur endroit pour un système de capteurs solaires et déterminer les arbres et tout autre obstacle qui pourraient devoir être enlevés. L'abaque d'ensoleillement facilite également la détermination du potentiel d'énergie solaire. Pour maximiser le captage d'énergie, vous devez chercher à ce que le rayonnement solaire ne soit pas obstrué entre 9 h et 15 h (10 h à 14 h est acceptable) pour chaque mois de l'année où le système sera utilisé. L'aire sous la courbe indique la quantité de rayonnement solaire qui sera disponible.

Commencez en imprimant un abaque d'ensoleillement pour votre site. À cette fin, le site du Solar Radiation Monitoring Laboratory de l'Université de l'Oregon est particulièrement utile; ce site peut être trouvé au moyen de n'importe quel moteur de recherche (<http://solardat.uoregon.edu/SunChartProgram.html>). Vous devrez connaître votre latitude et votre longitude en degrés décimaux ainsi que votre fuseau horaire.

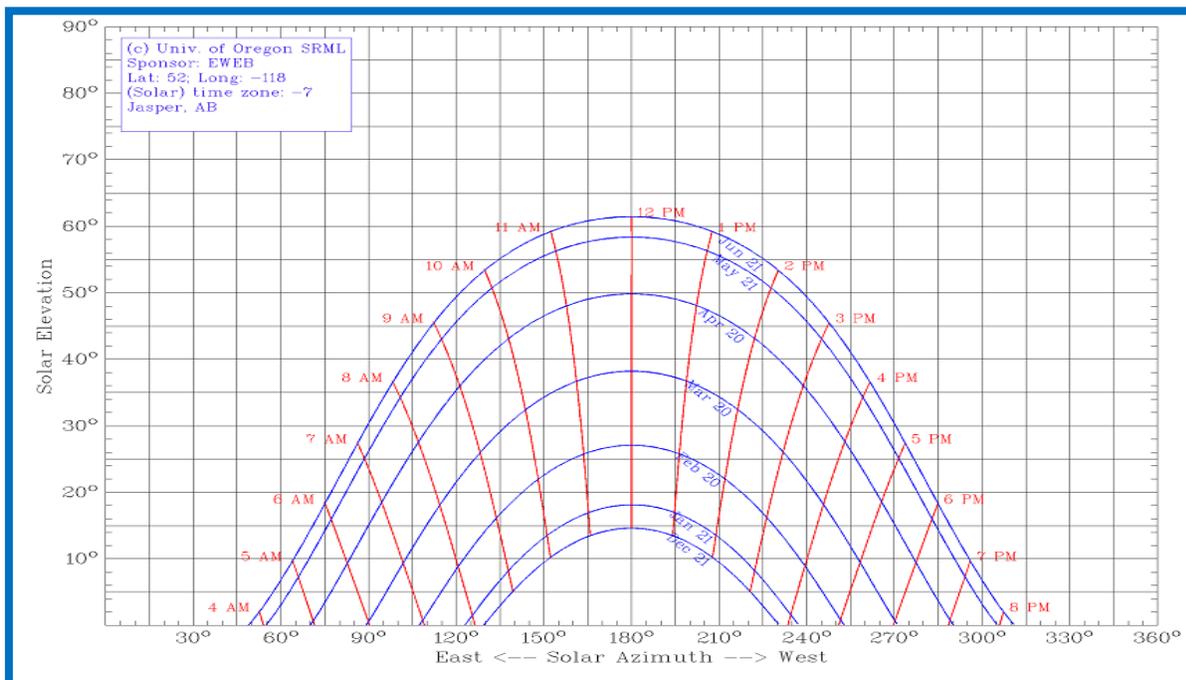


Diagramme 1. Abaque d'ensoleillement pour la station du lac Maligne, dans le parc national du Canada Jasper

Comment utiliser l'abaque :

Une fois l'abaque imprimé, les travaux sur le terrain doivent être effectués à midi (midi solaire et non midi à l'heure avancée).

1. Imprimer l'abaque sur un film transparent de 8 po sur 14 po (les anciens transparents de rétroprojection font l'affaire). Imprimer quelques copies.
2. Découper la moitié d'un cercle dans du carton rigide en choisissant un diamètre qui s'alignera correctement avec les marques de 90 et 270 degrés sur l'axe des x de l'abaque d'ensoleillement.
3. Fixer l'abaque d'ensoleillement sur le carton avec du ruban.
4. À l'aide d'une échelle, se tenir à l'emplacement désiré pour le capteur solaire, de façon que votre œil soit à la même hauteur que la base des panneaux solaires.
5. À l'aide d'une boussole, orienter la marque de 180 degrés sur le sud vrai (note : une boussole permet de repérer le nord magnétique, donc il faut apporter une correction pour trouver le nord vrai [sud vrai]. Ce facteur de correction peut habituellement être trouvé sur les bonnes cartes ou sur le site Web du [National Geophysical Data Center](#)).
6. S'assurer que la base de carton est de niveau (utiliser un petit niveau à bulle).
7. S'assurer que la marque de 180 degrés pointe vers le sud vrai et que le carton est de niveau.
8. Maintenant, déplacer votre position vers un endroit qui réduira au minimum l'ombre entre 9 h et 15 h et qui répondra le mieux possible aux exigences logistiques de votre site.
9. À l'aide d'un marqueur à pointe de feutre ou d'un crayon à la cire, tracer sur l'abaque le contour de l'horizon, des arbres et des bâtiments. Votre abaque devrait maintenant ressembler à ce qui est présenté au diagramme 2. Il vous indique à quel moment les panneaux seront en plein soleil ou à l'ombre. Il indiquera aussi quels arbres obstrueront les panneaux. Vous pourrez alors déterminer quels arbres devront être enlevés.

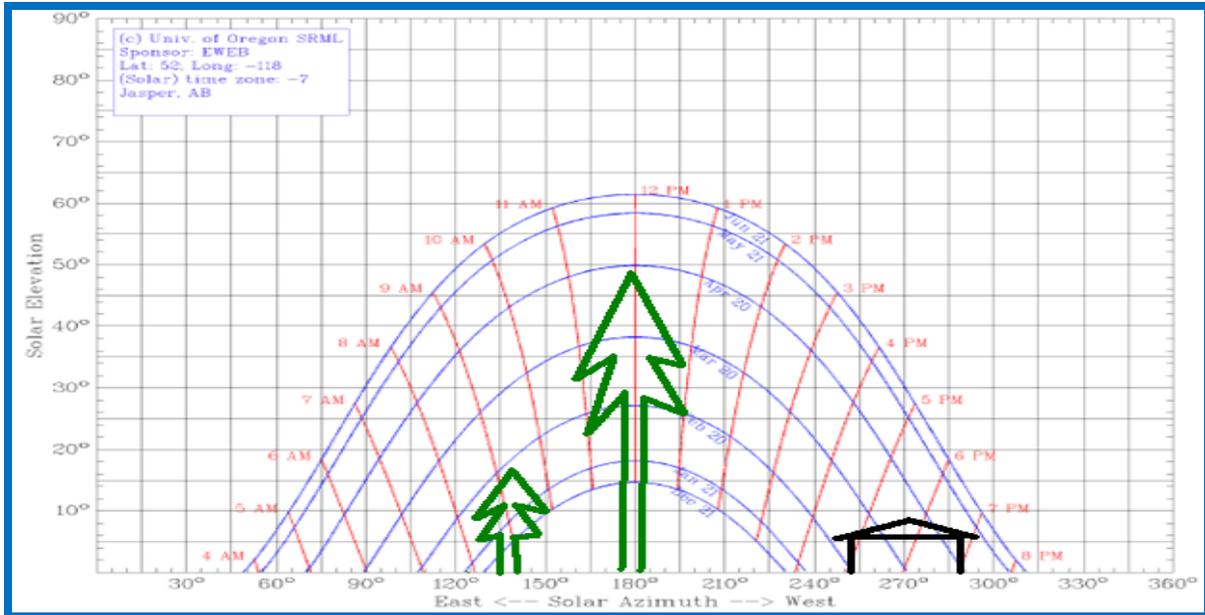


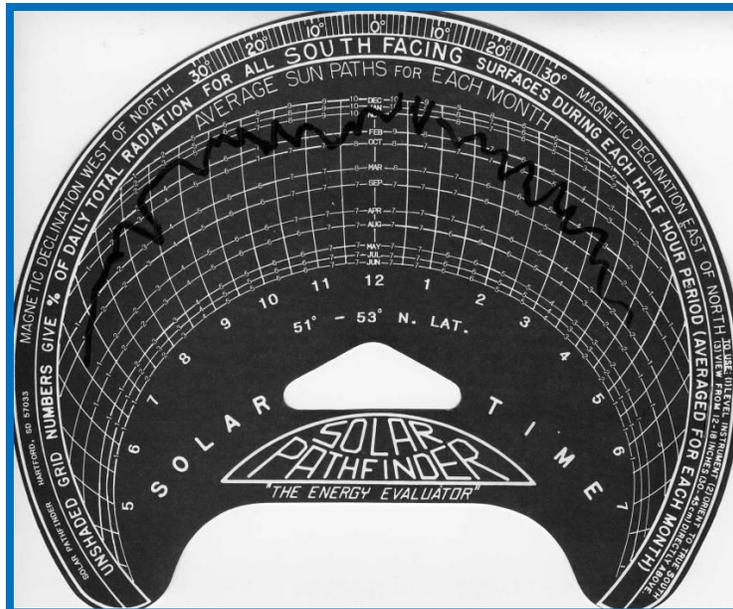
Diagramme 2. Abaque d'enseillement avec les éléments bloquant le soleil

Le petit arbre sur l'abaque d'enseillement du diagramme 2 créera de l'ombre sur les panneaux jusqu'à 9 ou 10 h au cours des mois de décembre et janvier. L'arbre au milieu de l'abaque devra être enlevé puisqu'il crée de l'ombre à l'emplacement des panneaux de 11 h à 13 h durant les mois de février et mars ainsi que durant une partie du mois d'avril. Le bâtiment à la droite est acceptable puisqu'il bloque seulement la lumière après 17 h. Vous pouvez marquer les arbres sur le sol qui devront être enlevés; cela aide à déterminer la zone d'impact associée au projet.

L'abaque d'enseillement est un outil très utile pour déterminer l'emplacement optimal et pour évaluer les exigences liées au site au cours des phases préliminaires d'un projet. Des renseignements plus précis devront être obtenus durant la phase de conception du système à l'énergie solaire (photographie 2 ci-après). Ainsi, l'appareil Solar Pathfinder^{MC} (photographie 1 ci-dessous), ou un autre dispositif électronique mesurant l'exposition solaire, devrait être utilisé pour déterminer avec précision le potentiel solaire d'un site, un facteur important en vue de concevoir un système PV et d'en déterminer la taille.



Photographie 1. Appareil Solar Pathfinder^{MC} utilisé à l'installation de la station du lac Maligne.

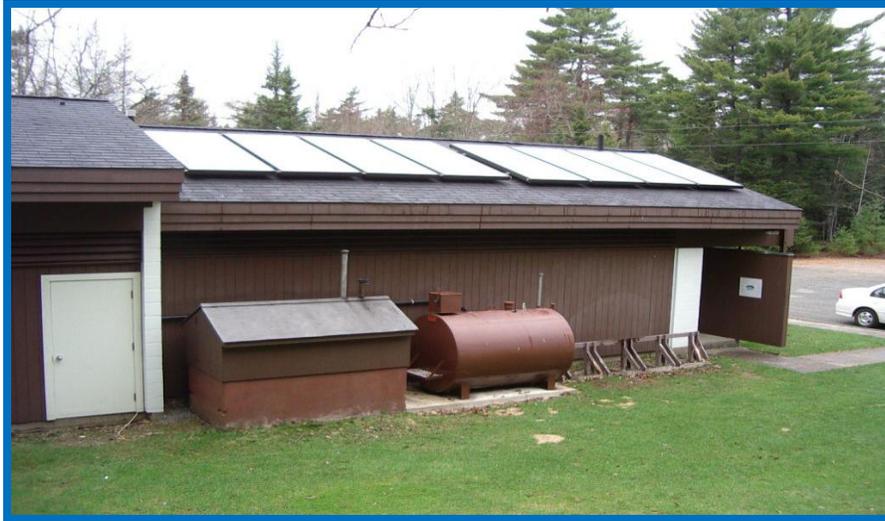


Photographie 2. Résultat obtenu avec le Solar Pathfinder^{MC} pour le lac Maligne (l'aire de l'abaque située au-dessus du trait réalisé avec un marqueur à pointe de feutre est à l'ombre des arbres). Voir le tableau E-3 de l'étude de cas 2, à l'annexe D, pour consulter des données sur le rayonnement solaire potentiel pour le système à énergie solaire de la station du lac Maligne, calculées avec le Solar Pathfinder^{MC}.

Annexe D: Études de cas

ÉTUDE DE CAS 1: SYSTÈME DE CHAUFFAGE SOLAIRE DE L'EAU DU PARC NATIONAL ET LIEU HISTORIQUE NATIONAL DU CANADA KEJIMKUJIK, NOUVELLE-ÉCOSSE

En 2005, un système de chauffage solaire de l'eau a été installé sur le toit du bâtiment de douches principal du terrain de camping Jeremy's Bay, dans le parc national du Canada Kejimikujik. Les douches sont principalement utilisées de mai à octobre, et l'utilisation la plus importante est observée en juillet et en août.



Huit capteurs solaires ont été installés. Le champ de panneaux d'une surface de 24 mètres carrés sert à préchauffer l'eau chaude domestique approvisionnant 18 pommes de douche. Les panneaux sont orientés SSE et approvisionnent deux réservoirs de stockage de 100 gallons avec de l'eau à 50 °C dès 10 h du matin. L'eau transite de ces réservoirs de stockage vers trois réservoirs à eau chaude standards, puis vers les pommes de douche.

Les capteurs solaires chauffent directement l'eau à partir de la réserve d'eau potable du bâtiment, et le système est drainé à la fin de la saison de camping, soit à l'automne. Par conséquent, il n'est pas nécessaire d'avoir de système au glycol ni d'échangeur de chaleur, ce qui augmente l'efficacité globale de l'installation. En 2005, les économies de combustible ont été de 20 % ou 1 500 L de combustible à 0,6304 \$/L, pour une économie totale de 945 \$. On prévoit que la période de récupération sera de 10 ans, avec une réduction annuelle de 10 385 kilogrammes des émissions de dioxyde de carbone.

Leçons apprises:

- Il faut tenir compte du moment où l'eau chaude sera utilisée pour maximiser les capacités de préchauffage du système de chauffage solaire de l'eau.
- Le fait de regrouper les panneaux facilite leur entretien.
- Dès les premières phases de la construction d'un bâtiment ou d'un projet de rénovation incorporant un système de chauffage solaire de l'eau, il faut, du point de vue de la

conception, prévoir un espace adéquat pour les réservoirs de stockage d'eau préchauffée et les réservoirs à eau chaude standards.

- Le fait d'augmenter la taille des réservoirs de stockage permettrait de bénéficier de l'eau préchauffée à l'énergie solaire jusque dans la soirée.

Pour plus d'information:

Steve Hopper, gestionnaire des biens, parc national et lieu historique national du Canada Kejimikujik, 902-682-2926 ou 902-298-0714 (cellulaire).

ÉTUDE DE CAS 2: SYSTÈME PHOTOVOLTAÏQUE HYBRIDE DE LA STATION DU LAC MALIGNE, PARC NATIONAL DU CANADA JASPER

En 2008, un système PV hybride a été installé à la station du lac Maligne, dans le parc national du Canada Jasper, pour remplacer une génératrice diesel de 25 kW.

Description du site: 52° 43' 29" de latitude, 117° 38' 29" de longitude
Altitude : 1 670 m
Saison d'ouverture : 1^{er} mai au 1^{er} novembre

Avant l'installation d'un système PV, des mesures d'économie d'énergie et des modifications apportées à l'installation avaient diminué la consommation d'énergie à la station du lac Maligne de 57,5 à 17,1 kW/jour.

Le système PV hybride fournit de l'énergie pour :

- deux unités d'hébergement;
- un bureau/garage;
- un ventilateur d'extraction du radon;
- un système de purification d'eau par rayonnement ultraviolet;
- un système de téléphone satellite (qui assure le service téléphonique de Maligne Lake Tours, des téléphones publics et de la station du lac Maligne);
- un distributeur d'essence qui est mis en marche pendant cinq minutes tous les deux jours.

L'approvisionnement en eau de la station du lac Maligne est assuré de façon hydraulique, donc aucune pompe n'est requise.

Pour répondre aux besoins énergétiques inhabituellement élevés (741 watts/heure à raison de 24 heures/jour) du système de téléphone satellite, incluant la climatisation du bâtiment abritant le système d'exploitation téléphonique, le système PV hybride a été conçu pour fournir 24 kW d'énergie/jour et il compte sur un important banc de batteries pour le stockage de l'énergie. La quantité la plus importante d'énergie produite par le système a été de 23 kW durant les mois d'avril et de mai.

L'énergie quotidienne moyenne réelle produite par le système PV est de 17,6 kW/jour. La charge moyenne sur le système est de 17,1 kW/jour, la station du lac Maligne nécessitant 5 kW d'énergie et le système de téléphone satellite utilisant 12 kW d'énergie/jour.

Le système solaire hybride a aussi été conçu pour utiliser une génératrice de secours au propane pendant au plus trois heures par jour, quand le temps est couvert pendant plusieurs jours. De plus, durant les jours nuageux, le système solaire hybride se décharge plus rapidement que les autres systèmes en raison du prélèvement constant du système de téléphone satellite. L'expérience a montré que la génératrice fonctionne pendant environ deux heures par jour pour répondre à la demande énergétique (batteries et applications) quand l'énergie solaire n'est pas disponible pendant plus de quelques jours.

Résultats

Au cours d'une période d'exploitation estivale de 6 mois, le système solaire hybride a permis de diminuer de 30,7 tonnes la production de CO₂ et de 16 110 \$ le coût d'exploitation par rapport à la génératrice qu'il a remplacée (tableau 2).

Tableau D-1. Spécifications du système PV hybride

Composante	Modèle acheté
2 onduleurs de 7,2 kW ³	Onduleurs FX3648 de OutBack Power Systems
2 contrôleurs de charge de 60 A ³	Contrôleurs de charge MX60 PV MPPT de OutBack Power Systems
32 panneaux solaires de 48 MC, 170 watts ¹	Par DAY4 du Canada (efficacité de 14,7 %)
24 accumulateurs de 2 V, 2 430 A ³	Surette Battery du Canada, 2-YS-31PS
1 génératrice de secours au propane, 12 kW ²	Kohler 12 RES, propane liquide, 12 kW, 60 dB(A)

NOTES : ¹ Voir la photographie 3.
² Voir la photographie 2.
³ Voir la photographie 3.



Photographie 1 : Panneaux PV, station du lac Maligne



Photographie 2 : Génératrice au propane



Photographie 3 : Onduleurs, contrôleurs de charge et batteries

Considérations relatives à l'étude d'impact

- Une génératrice au propane a été choisie comme système d'alimentation de secours, car le propane entraîne moins d'émissions de gaz à effet de serre (tableau 2) que le diesel, qu'il est 15 % plus efficace que le diesel et qu'il produit moins de bruit. Bien que la durée de vie d'une génératrice au propane soit moins longue que celle d'une génératrice au diesel, les coûts de remplacement et d'entretien sont négligeables comparativement à ceux associés à un système fonctionnant au diesel. De plus, un gros réservoir à propane était déjà présent à la station du lac Maligne. L'utilisation d'une génératrice de secours au diesel aurait nécessité l'installation d'un réservoir de stockage additionnel et aurait entraîné un risque accru de déversement et de contamination du site. Le nettoyage du site contaminé de l'ancienne zone de stockage de diesel et de gaz de la station du lac Maligne a été achevé en mai 2008 et a coûté 75 400 \$.
- Un appareil Solar Pathfinder^{MC} a été utilisé pour déterminer le rayonnement solaire auquel on pourrait s'attendre pour des emplacements potentiels de panneaux solaires à la station du lac Maligne. Le choix de l'emplacement a été fait en fonction de la quantité de rayonnement solaire reçue, du nombre d'arbres devant être enlevés et de la proximité du garage, où les composantes électroniques et la batterie devaient être installées. Les résultats obtenus avec l'appareil Solar Pathfinder^{MC} pour l'emplacement sélectionné peuvent être consultés au tableau 3. Voir l'annexe C pour obtenir une description sur la façon d'utiliser l'appareil Solar Pathfinder^{MC}.
- Pour réduire les appels de puissance à la station du lac Maligne, l'alimentation de tout le système de réfrigération est passée de l'électricité au propane, ce qui représentait une dépense importante. Le système de chauffage était déjà alimenté au propane. Plusieurs minuterics d'éclairage et barres d'alimentation ainsi que toutes les ampoules ont été remplacées pour réduire le plus possible la consommation d'énergie et pour éliminer les charges « fictives ». Tous les appareils électriques munis d'un élément chauffant ou d'un moteur, tels qu'un grille-pain, un fer à repasser ou une machine à laver, ont besoin de charges importantes qui doivent être gérées soigneusement. Par exemple, le lavage du linge est effectué durant les périodes ensoleillées, aux environs de midi. Le système est

capable de fournir l'énergie requise pour le lavage du linge durant d'autres périodes, mais ce n'est pas optimal.

- Le fait de réduire les émissions de gaz à effet de serre du parc national du Canada Jasper de 30,7 tonnes de CO₂ et d'éliminer le bruit associé à la génératrice au diesel dans une zone très fréquentée par les visiteurs contribue à l'atteinte de plusieurs objectifs du parc. En effet, la réduction des émissions de CO₂ permet d'appuyer l'indicateur d'intégrité écologique du parc en matière de changements climatiques. Une telle réduction contribue aussi positivement à l'atteinte de deux objectifs précis de Parcs Canada :
 - *Principes directeurs et politiques de gestion de Parcs Canada, section 3.1.3* : Les parcs éviteront les sources de pollution ou prendront des mesures en vue d'éliminer de telles sources.
 - *Bulletin sur les enjeux atmosphériques n° 264 de Parcs Canada (septembre 2008)* : Parcs Canada réduira d'ici 2011 ses émissions de gaz à effet de serre de 5,2 % par rapport aux niveaux de 1998, soit une cible de 52 386 tonnes, grâce à plusieurs mesures comprenant l'installation de systèmes à l'énergie solaire.

Tableau D-2. Réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) et économies associées à l'installation du nouveau système (les calculs et les conversions sont disponibles sur demande)

	Ancienne génératrice diesel	Système PV hybride	GES produits sur 6 mois (CO ₂ seulement)	Coût (\$)
Utilisation de diesel	13 283 L	0	35,8 tonnes	17 748 \$
Utilisation de propane pour la génératrice de secours et la réfrigération	0	3 563 L	5,1 tonnes	1 638 \$
Économies			30,7 tonnes	16 110 \$

Tableau D-3. Rayonnement potentiel pour le système du lac Maligne, calculé avec un appareil Solar Pathfinder^{MC}

Mois	Rayonnement dans le plan		Énergie produite			
	Perte à 2'	Disponible	35°	45°		
	%	%	(kWh/m ² /jour)	(kWh/m ² /jour)		
Janv.	100	0	3,07	3,48	0	0
Févr.	58	42	4,51	4,97	189	208,7
Mars	25	75	5,45	5,76	409,1	432
Avril	3	97	5,84	5,8	566,6	562,4
Mai	0	100	5,79	5,58	579	557,9
Juin	0	100	5,93	5,65	593,1	564,7
Juill.	0	100	5,98	5,73	598,4	573
Août	0	100	5,46	5,35	546,5	534,7
Sept.	9	91	4,58	4,64	416	422,5
Oct.	32	68	4,09	4,36	278	296,7
Nov.	100	0	2,89	3,23	0	0
Déc.	100	0	2,45	2,8	0	0
Rayonnement solaire annuel produit =					4 177	4 152,6

Tableau D-4. Calcul de la distance de dégagement théorique

Pour calculer l'espace de dégagement requis à l'avant des panneaux :

Dégagement = Tangente (angle des panneaux l'hiver) x hauteur des arbres

- L'hiver, l'angle d'inclinaison des panneaux doit équivaloir approximativement à la latitude du site plus 15°.
- Exemple : Jasper est situé à une latitude de 53°. Par conséquent, au cours de l'hiver, l'angle des panneaux devrait être d'environ 68°. Si les arbres ont une hauteur de 30 m sur le site. Tangente (68°) x 30 m = 85 m de dégagement requis à l'avant des panneaux.

Élaboration du projet

Phase I

Une entente pour l'évaluation de la faisabilité et la conception a été conclue afin d'obtenir une estimation ferme du coût et de la capacité d'un système hybride à l'énergie solaire. Le personnel du parc chargé de la gestion du projet, l'équipe de direction du parc national du Canada Jasper et Telus, qui gère le système de téléphone satellite, ont donc eu l'assurance que les besoins énergétiques de la station du lac Maligne seraient satisfaits. Ce processus était important pour que le projet puisse aller de l'avant. La phase I comprenait une visite du site, une évaluation de la charge, une estimation des coûts et l'établissement des mesures de conservation requises, du potentiel solaire et d'une option de conception privilégiée et des

spécifications connexes. La carte des ressources archéologiques a été consultée et un expert en ressources culturelles a confirmé que l'ensemble du site avait déjà été perturbé et qu'il n'y avait aucune préoccupation liée aux ressources culturelles. Ces renseignements ont appuyé la décision d'aller de l'avant avec le projet et d'élaborer le contrat relatif à l'installation.

Phase II

Le contrat relatif à l'installation a permis de mettre en œuvre la conception générale établie à la phase I. Il comprenait une visite du site, l'installation, la mise au point durant la première année et l'élaboration d'un manuel d'exploitation.

Considérations relatives à l'étude d'impact

- Le champ de panneaux solaires a été placé sur un terrain surélevé, ce qui offrait une exposition solaire accrue et réduisait la superficie non obstruée requise à l'avant des panneaux. La fixation d'un système sur un toit est avantageuse pour cette raison, mais cela limite le nombre de panneaux pouvant être installés.
- Il a fallu enlever les arbres présents dans un arc de 135° (sud-est) à 225° (sud-ouest) à l'avant du champ de panneaux solaires, sur une distance de 75 mètres. La majorité de ces arbres étaient situés à moins de 10 mètres des bâtiments existants et auraient tôt ou tard dû être enlevés pour répondre aux exigences du programme « Prévenir... Un gage d'avenir ». La plus grande partie du terrain dégagé choisi pour le système PV consistait en un terrain de stationnement et en des bâtiments d'un seul étage, ce qui a limité le nombre d'arbres enlevés à environ 30. Un abaque d'ensoleillement doit être utilisé afin de sélectionner l'emplacement le plus approprié pour le champ de panneaux solaires et de déterminer les éléments devant être enlevés (voir l'annexe C).
- Le système de fixation des panneaux solaires nécessitait la mise en place d'une base en béton de 2 mètres de profondeur par 1,5 mètre de largeur pour chaque poteau de soutien en métal. Une tranchée de 1 mètre de largeur par 1,5 mètre de profondeur a été creusée dans une zone déjà perturbée entre les supports des panneaux solaires et le bâtiment abritant les dispositifs électroniques et les accumulateurs.
- Les panneaux solaires sont parfois volés. Une barrière a donc été installée à la fin de la voie d'accès menant à la station du lac Maligne. Cette barrière est verrouillée durant l'hiver, quand la station est fermée. L'installation de cette barrière a nécessité l'excavation de deux trous de 1,5 mètre de profondeur par 1 mètre de largeur. Les panneaux solaires sont également munis de contre-écrous antivols.
- Le système de fixation du champ de panneaux solaires est conçu pour résister à des vents de plus de 160 km/h, ce qui dépasse amplement les besoins pour cet emplacement.
- En tant que tel, le champ de panneaux solaires n'a posé aucun problème pour les oiseaux et les autres animaux. En fait, la réduction du bruit (de 75 dB avec la génératrice diesel à 0 dB pendant plus de 95 % du temps) permet de réduire considérablement l'impact du site sur la vie sauvage. Une petite clôture de bois a été mise en place autour

du champ de panneaux solaires pour empêcher les chevaux de la station et les orignaux de se frotter contre les panneaux.

- Quand on remplace une génératrice diesel existante par un système PV, on observe souvent une contamination du sol associée au bâtiment abritant la génératrice diesel et aux réservoirs de stockage. Les réservoirs hors sol pour le stockage du diesel et de l'essence situés à la station du lac Maligne ont été en place pendant environ 40 ans, et la contamination était considérée comme minime. Une évaluation de phases 1 et 2 a été effectuée. Le nettoyage réalisé juste avant l'installation du système solaire a coûté 80 000 \$ et a nécessité une excavation de 5 mètres de profondeur par 30 mètres de longueur et par 6 mètres de largeur.
- Des batteries d'accumulateurs au plomb sont utilisées pour le stockage de l'énergie avec un système solaire non relié au réseau électrique. Les accumulateurs doivent être contenus dans une boîte de protection (voir la photographie 3) et l'air doit être ventilé pour en retirer l'hydrogène. Les accumulateurs doivent être conservés à l'abri du gel. Ils sont habituellement conservés dans un bâtiment chauffé.
- L'élimination des accumulateurs a représenté une préoccupation au cours de l'élaboration du projet en raison de l'information diffusée dans la presse à propos des batteries utilisées dans les voitures électriques, lesquelles ne sont pas facilement recyclables à l'heure actuelle. Les batteries d'accumulateurs au plomb utilisées dans un système à l'énergie solaire sont assorties d'une garantie de 10 ans, et leur durée de vie est de 20 ans. Elles sont entièrement recyclables.
- Le bruit provenant du système d'alimentation de secours est critique lorsqu'il est associé à un système d'énergie « verte ». Le concessionnaire du lac Maligne est tenu de limiter le bruit de la génératrice à 70 dB, tel que mesuré à une distance de 7 mètres de la source. Les normes résidentielles sont de 50 dB. La génératrice de secours au propane utilisée avec le système d'énergie solaire de la station du lac Maligne émet de 40 à 50 dB.
- L'échappement du système d'alimentation de secours représente aussi une préoccupation importante sur le plan environnemental. Le diesel entraîne des gaz d'échappement forts et toxiques (cancérogènes). Les gaz d'échappement associés au propane contiennent du dioxyde de carbone, de l'eau et une odeur liée à un composé ajouté pour la détection des fuites.

Leçons apprises

- Le fait de placer le champ de panneaux solaires à proximité du bâtiment abritant les dispositifs électroniques et les batteries d'accumulateurs est un élément important en matière d'efficacité et de gestion des coûts liées à un système solaire. Le câble reliant le champ de panneaux solaires aux composantes électroniques et aux batteries d'accumulateurs du système est très gros et cher.
- Les accumulateurs représentent l'élément le plus faible d'un système à l'énergie solaire; il est donc essentiel de configurer, de gérer et d'entretenir adéquatement les

accumulateurs. Avant l'achat des accumulateurs, il faut communiquer avec le service technique du fabricant afin de déterminer si la configuration du système à l'énergie solaire est optimale pour le rendement et la durée de vie des accumulateurs. Une telle vérification peut être faite dans le cadre de l'évaluation du contrat.

- Prévoir un dégagement minimal de un mètre entre l'épaisseur de neige maximale et la partie inférieure des panneaux solaires quand ceux-ci sont positionnés dans leur inclinaison maximale (65° à la station du lac Maligne pendant la majeure partie de l'hiver). Toute accumulation de neige réduira considérablement l'alimentation en énergie, pourrait endommager les panneaux solaires inférieurs et exigera un effort accru en termes de pelletage de la neige.
- Pour les projets à venir, on recommande que l'étude de faisabilité de phase I détermine le potentiel solaire, établisse des options générales pour le système et fasse une estimation ferme des coûts. L'entrepreneur chargé de la phase II devrait ensuite établir les spécifications détaillées pour la conception et l'installation du système.
- Un membre canadien du conseil du North American Board of Certified Energy Practitioners (NABCEP) a suggéré que nous reconnaissons l'importance du fait que l'installateur soit membre de cette organisation, tout en ajoutant qu'un contrat devait exiger une expérience significative et une vérification des références. Le NABCEP est une association américaine qui évalue et certifie ses membres. En 2008, quand le système solaire hybride a été installé, il y avait très peu de membres canadiens certifiés du NABCEP, et ils travaillaient tous pour la même entreprise. Cette situation crée des contraintes importantes et soulève des préoccupations en matière d'équité quand vient le temps d'établir les exigences aux fins d'un contrat. L'Association des industries solaires du Canada, l'équivalent canadien du NABCEP, a un code d'éthique, mais n'évalue pas et ne certifie pas ses membres. Les membres n'ont pas besoin d'être électriciens.

Pour plus d'information

- Communiquer avec Kelly Derksen (électricienne du parc national du Canada Jasper) ou Mike Wesbrook (spécialiste en gestion des ressources et en sécurité publique du district du lac Maligne) en appelant au parc national du Canada Jasper au 780-852-6162.

ÉTUDE DE CAS 3: THERMOPOMPES GÉOTHERMIQUES DU LIEU HISTORIQUE NATIONAL DU CANADA FORT-BATTLEFORD

Le lieu historique national du Canada du Fort-Battleford occupe une superficie de 22,8 hectares; il est principalement composé de prairies de fétuque indigène et il est situé 153 km au nord-ouest de Saskatoon, dans la ville de Battleford. Des thermopompes géothermiques, des panneaux photovoltaïques et une éolienne sont utilisés sur le site pour chauffer et climatiser les bâtiments ou pour fournir de l'électricité. Ces initiatives ont été mises en place pour assurer la durabilité sur le plan environnemental, comme il est indiqué dans le plan de gestion du site (2007). Deux thermopompes géothermiques sont utilisées au lieu historique national du Canada du Fort-Battleford : une pour la caserne n° 5 et une pour le centre d'accueil. Les systèmes géothermiques permettent de chauffer ou de climatiser les bâtiments. Puisque le gaz naturel n'est plus utilisé pour contrôler la température dans le bâtiment, les émissions de gaz à effet de serre sont réduites de 46,5 tonnes par année.

Description du système

Les trois principales composantes des systèmes de thermopompes géothermiques sont les suivantes :

- Un sous-système de raccordement, qui consiste en une boucle fermée de tuyaux enfouis verticalement et remplis d'un mélange d'eau et de glycol.
- Une thermopompe qui extrait la chaleur ou le froid du fluide, qui concentre cette chaleur ou ce froid, puis les transfère au bâtiment.
- Une composante de distribution de la chaleur qui distribue l'air chauffé ou refroidi dans l'ensemble du bâtiment.



Photographie 1: Tuyaux allant vers le site de forage géothermique

Considérations

- Le plan d'ensemble des nouveaux éléments du site et du bâtiment, incluant les technologies d'énergie renouvelable, a été prévu de manière à s'harmoniser avec le caractère historique des bâtiments du site. On a pris soin de conserver les points de vue et les belvédères importants du lieu historique et de Government Ridge qui se trouve tout près.
- Les systèmes mécaniques ont été conçus de manière à utiliser, dans la mesure du possible, des systèmes de chauffage et de refroidissement passifs et éconergétiques.
- Des spécialistes en gestion des ressources culturelles ont pris part à la planification du projet afin de s'assurer qu'il n'y ait aucune répercussion négative pour les ressources culturelles. Des cartes des ressources culturelles ont été utilisées au cours de la sélection du site afin de déterminer une zone déjà perturbée avant de procéder aux travaux d'excavation. En guise de vérification finale, un géoradar a été utilisé (un géoradar peut détecter des anomalies sous la surface, lesquelles peuvent indiquer la présence d'entités anthropiques) avant le début de l'excavation nécessaire pour l'installation des systèmes géothermiques.

Leçons apprises

- Le forage réalisé en vue de l'installation d'un système géothermique perturbe grandement le sol dans un rayon d'au moins 20 mètres par rapport au(x) trou(s).
- La méthode de forage doit être choisie en fonction du type de sol et du niveau de poussière jugé acceptable. Le forage à air comprimé crée plus de poussière que le forage à l'eau ou à la boue.
- Les conditions du sol doivent être analysées, tandis que la qualité et la quantité des ressources géothermiques ainsi que la conductance doivent être confirmées, de façon que le système puisse être conçu selon les besoins réels et non estimés.
- D'importantes économies peuvent être réalisées pour tous les systèmes de CVC si des limites de température sont envisagées durant les charges maximales de chauffage et de refroidissement; c'est aussi le cas pour les charges de circulation d'air pour les toilettes durant les périodes de faible occupation. La taille du système géothermique doit être basée sur les besoins de chauffage du bâtiment au cours des journées les plus froides de l'hiver. Par conséquent, il est important de déterminer avec exactitude vos besoins en matière de chauffage, de même que le degré d'isolation des bâtiments nécessaire et la contribution des gains en énergie solaire passive afin d'installer un système géothermique de la bonne taille.
- Les ingénieurs en mécanique qui répondent à une demande de propositions pour la conception d'un système géothermique doivent démontrer leur expérience en matière de projets géothermiques.
- On doit s'assurer que les thermopompes utilisant le sol comme source de chaleur sont de la bonne taille afin qu'elles ne soient ni sous-utilisées ni surutilisées. Demander aux concepteurs du bâtiment de travailler ensemble dans le cadre d'un processus de

conception intégré afin de faire en sorte que la charge de chauffage du bâtiment soit réduite autant que possible (le bâtiment doit être hermétique, isolé selon des normes rigoureuses et doté d'un système de ventilateur-récupérateur de chaleur efficace).

- Les technologies d'énergie renouvelable et les aspects éconergétiques de l'installation d'entretien doivent être inclus dans l'interprétation globale du site, s'il y a lieu.

Pour plus d'information:

Michael Caswell, gestionnaire des biens, lieu historique national du Canada du Fort-Battleford, 306-975-6469 ou 306-227-6511 (cellulaire).

ÉTUDE DE CAS 4: MICROCENTRALE HYDROÉLECTRIQUE DU TERRAIN DE CAMPING ILLECILLEWAET AU RUISSEAU AVALANCHE, DANS LE PARC NATIONAL DU CANADA DES GLACIERS

Le terrain de camping Illecillewaet a été aménagé dans les années 1960, et il longe la section inférieure du ruisseau Avalanche, lequel fournit l'eau pour le terrain de camping. En 1995, Parcs Canada a installé un système à l'énergie solaire PV au terrain de camping Illecillewaet afin de fournir de l'éclairage électrique à deux installations sanitaires ainsi que du courant électrique pour une caisse enregistreuse électronique située au poste d'accueil. À cet endroit, l'énergie solaire s'est révélée grandement inefficace, principalement en raison du climat, de la présence de parois de vallée escarpées et d'une technologie vieillissante. L'éclairage fourni par les panneaux solaires sera remplacé par de l'électricité générée par la microcentrale hydroélectrique et par un système d'éclairage à diodes électroluminescentes (DEL).

Ce projet est le résultat du *Plan d'action 2000 du gouvernement du Canada sur le changement climatique*, lequel a annoncé une série de mesures visant à promouvoir l'utilisation de l'électricité provenant de sources émergentes d'énergie renouvelable. Pour mettre en œuvre ce plan d'action, la portée du Programme d'encouragement aux systèmes d'énergies renouvelables (PENSER) a été étendue aux installations fédérales afin d'inclure la production d'électricité sur place au moyen de systèmes émergents d'énergie renouvelable.

La centrale sera en fonction à l'été 2012 et nécessitera l'installation et l'exploitation d'une unité de 5 kilowatts (kW) au ruisseau Avalanche, près du terrain de camping Illecillewaet, dans le parc national du Canada des Glaciers (photos 1 à 4). On estime qu'environ 15 % du débit de l'eau du ruisseau sera capté par un filtre placé directement dans le cours d'eau, puis l'eau sera transportée vers le bas de la pente du cours d'eau dans un tuyau (conduite forcée) en polyéthylène haute densité (PEHD) de 150 mm jusqu'au bâtiment abritant la turbine, situé sur la route d'accès (photos 5 et 6). Il n'y a aucun barrage ou bassin associé à ce système.

La microcentrale hydroélectrique fonctionnera de façon automatisée selon un ordre de priorité établi, en fonction du volume d'eau disponible pour alimenter la turbine. L'unité fournira de l'énergie pour :

- l'usine de traitement d'eau et l'éclairage (priorité 1) près du refuge Wheeler;
- le chauffage (priorité 2) et l'éclairage (priorité 3) du poste d'accueil du parc;
- l'éclairage (DEL) (priorité 4) et l'eau chaude (priorité 5) de deux installations sanitaires publiques.

Ces installations sont exploitées de façon saisonnière, de juin à septembre.

Parcs Canada continuera d'utiliser les deux réservoirs de propane existants de 100 lb comme alimentation de secours pour le chauffage. Les panneaux solaires installés au milieu des années 1990 pour fournir l'éclairage dans les installations sanitaires ne seront pas réinstallés en raison de leur production énergétique irrégulière.

Description du site

Terrain de camping Illecillewaet, parc national du Canada des Glaciers, Colombie-Britannique, Canada

Emplacement au GPS : 51° 15' 50,007" de latitude nord,
117° 29' 30,157" de longitude ouest

Altitude : 1 220 m

Saison d'ouverture : ~ 24 juin au 30 septembre

Description du système

La microcentrale hydroélectrique sera constituée de ce qui suit :

- une conduite forcée de 100 mm (diamètre) par 400 m de long menant à la turbine
- un bâtiment de 3,0 m par 3,0 m abritant une génératrice, situé près du ruisseau et du stationnement.

Les 200 premiers mètres de la conduite forcée consistent en un tuyau en acier fileté de 100 mm de diamètre fixé à des rochers fracturés et à de grosses roches. Les 200 derniers mètres de la conduite forcée consistent en un tuyau en PEHD de 100 mm de diamètre enfoui à une profondeur de 600 mm (voir le schéma 1). La microcentrale contient une génératrice hydroélectrique de 8 kW de type « turbine-pompe ». Les lignes électriques et d'instrumentation enfouies partent du bâtiment abritant la génératrice et se dirigent vers l'usine de traitement d'eau, le poste d'accueil et les deux installations sanitaires publiques.

Table D-5: Information sur la microcentrale hydroélectrique

Composante	Modèle acheté
Fournisseur :	Thomson and Howe Energy Systems Inc., Kimberly, Colombie-Britannique, Canada.
Turbine	Turbine-pompe (avec système d'arrêt automatique)
1 régulateur du réservoir de charge « M1 »	« M1 » 50/60 Hz, 2 000 W à 240 V
1 appareillage de connexion de la génératrice (photographie/schéma X)	« SG » 8 kW, 240 V, 1 phase, 60 Hz
1 régulateur du contrôle de charge	« A2 » – Produit personnalisé, 8 kW, 240 V, 1 phase, 60 Hz
Base en acier inoxydable pour la turbine/génératrice	-
3 transformateurs	15 KVA, 240–600 V
Relais de fréquence de veille	
Ligne de transport	De la microcentrale vers les deux installations sanitaires et le poste d'accueil (~420 m)
1 conduite forcée, incluant les soupapes, la conduite d'évacuation et les pièces connexes	Conduite en PEHD d'environ 400 m de long et de 100 mm de diamètre enfouie à 150 mm pour les derniers 200 m (portion inférieure), incluant une boîte d'entrée et un tamis installés de manière à ce que les débris ne puissent pas entrer dans la conduite forcée.
Bâtiment de la microcentrale	Fondation en béton conçue et construite pour assurer un environnement stable et sécuritaire pour l'unité de production

	d'hydroélectricité; la surface du plancher doit être au-dessus du niveau du sol pour empêcher les inondations durant les périodes de fortes pluies.
--	---

Durée de vie de la microcentrale hydroélectrique

- La durée de vie utile d'une roue de turbine est de 25 ans d'utilisation continue (la roue s'use à cause des grenailles et des débris).
- Les roulements peuvent durer jusqu'à 16 ans.
- Les boîtiers de turbine peuvent durer de 80 à 100 ans.
- Les génératrices peuvent fonctionner pendant environ 10 à 15 ans, habituellement jusqu'à ce qu'il y ait un bris des dispositifs de roulement ou que la foudre cause un court-circuit.
- Le système de régulation (électronique) peut fonctionner pendant 25 ans s'il n'est pas touché par la foudre.
- La conduite forcée peut durer de 50 à 100 ans si elle est bien entretenue.

Table D-6: Données sur le ruisseau

Charge hydrostatique disponible	120 pieds (37 mètres)
Mesure du débit du ruisseau en septembre	2 000 gallons US/min (0,13 m ³ /s)
Dérivation estimée de 15 % par la conduite forcée	300 gallons US/min (0,019 m ³ /s)
Énergie hydroélectrique disponible	15 % de dérivation : 5 kWh

Compte tenu d'une période d'exploitation de quatre mois, une centrale hydroélectrique de 5 kW générerait 14,8 MW chaque année [(5 kW/h)(24 h/jour)(124 jours) = 14 880 kW ou **14,8 MW**].

Résultats

Au cours d'une période d'exploitation estivale de 4 mois, on prévoit que la microcentrale hydroélectrique entraînera une diminution de 19,23 tonnes des émissions de CO₂ par année par rapport à l'option de remplacement, c'est-à-dire la génératrice diesel. Cependant, comparativement au système existant (réservoirs de propane et panneaux solaires), il n'y a pas d'économie significative en termes de production de CO₂. Dans le cas d'une microcentrale hydroélectrique installée à un endroit adéquat et dans des conditions appropriées, la période de récupération peut être de 5 à 10 ans, particulièrement si le système est conçu pour vendre de l'électricité au réseau électrique. L'analyse coûts-avantages réalisée après le projet indique que même si le terrain de camping Illecillewaet est un emplacement adéquat, il ne s'agissait pas d'un emplacement économique ni d'un endroit idéal pour l'application de la technologie des microcentrales hydroélectriques compte tenu de l'infrastructure existante. Cependant, ce projet pourrait être utile en tant que projet de démonstration.

Table D-7: Analyse coûts-avantages

Option de production d'électricité	Production estimée de CO ₂
Deux réservoirs de propane existants de 100 lb + panneaux solaires	0,5125 tonnes
Microcentrale hydroélectrique	0,07 tonnes
Génératrice diesel	19,296 tonnes

* Tous les chiffres ont été obtenus en tenant compte d'une période d'exploitation de 120 jours.



Photographie 1: Bâtiment de la microcentrale hydroélectrique



Photographie 2: Unité de microproduction d'hydroélectricité



Photographie 3: Goulotte d'acier – À sec



Photographie 4: Goulotte d'acier – Eau dérivée



Photographie 5: Ruisseau Avalanche, pente d'environ 17 % en moyenne



Photographie 6: Prise d'eau potable

Leçons apprises

- Dans le cas de l'exploitation continue de systèmes de production d'énergie, une surveillance et un entretien continus de l'infrastructure et de l'équipement connexes seront nécessaires. Un plan d'entretien prévoyant l'inspection, la mise à l'essai et l'entretien périodiques de l'équipement devrait être élaboré parallèlement à la planification du projet en vue de la réalisation des travaux subséquents nécessaires pour maintenir l'efficacité opérationnelle de l'unité.
- Le débit de l'eau de surface doit être surveillé sur une base régulière et continue afin de s'assurer qu'il est adéquat pour d'autres usages dans les environs et en aval. Ajuster en conséquence le calendrier de surveillance et d'entretien pour assurer une bonne gestion continue de l'eau de surface sur le site.

En plus du processus habituel d'évaluation environnementale, lequel détermine les composantes valorisées de l'écosystème et les composantes sociales valorisées, les éléments suivants doivent aussi être pris en compte avant les phases de conception du projet :

- Les études de détermination de la portée devraient comprendre une évaluation du cours d'eau quant aux besoins en matière de débit, et une surveillance du débit devrait être réalisée sur une période d'au moins deux ans avant l'installation. Ces données de base permettent de connaître les régimes d'écoulement saisonniers, particulièrement s'il y a des poissons et des espèces benthiques en aval de l'endroit proposé pour le projet.
- Mesurer le débit dans la conduite pour déterminer la quantité d'eau prélevée dans le ruisseau au cours de l'année, y compris pour les besoins en eau potable.
- Déterminer les « courbes des débits jaugés » faisant le lien entre le débit et le niveau d'eau pour un vaste éventail de conditions saisonnières, puisqu'il s'agit d'un élément particulièrement important pour les cours d'eau contenant des poissons.

- Il y a une possibilité de réduction à long terme du débit de l'eau de surface dans le secteur après l'achèvement du projet, et il peut y avoir certaines répercussions résiduelles connexes.
- Quand l'unité est mise en place, il y a libération de sédiments dans la colonne d'eau. Il peut aussi y avoir une libération potentielle de sédiments quand l'unité est mise hors service de façon saisonnière (si nécessaire) et à la fin de la période d'exploitation.
- Il peut y avoir turbulence et/ou affouillement des matériaux de fond du ruisseau au point de rejet, ce qui peut causer une sédimentation additionnelle de l'eau de surface.
- Les réservoirs à eau chaude agissent en tant que système d'évacuation d'énergie. Si l'électricité produite dépasse ce que les réservoirs à eau chaude peuvent absorber, la microcentrale hydroélectrique dispose d'un système d'évacuation qui fait circuler l'électricité dans les éléments chauffants de l'unité et qui libère l'eau chauffée dans la goulotte d'acier et le ruisseau. Il ne s'agit pas d'une procédure d'exploitation normale; si une telle situation se produit sur une base continue ou au cours d'une phase sensible du cycle de vie de certains organismes aquatiques en aval, cela pourrait entraîner des effets néfastes pour ces organismes.

Contribution à l'égard des objectifs des parcs:

- *Bulletin sur les enjeux atmosphériques n° 264 de Parcs Canada (septembre 2008) : Parcs Canada réduira d'ici 2011 ses émissions de gaz à effet de serre de 5,2 % par rapport aux niveaux de 1998, soit une cible de 52 386 tonnes, grâce à plusieurs mesures comprenant l'installation de systèmes à l'énergie solaire.*
- *Réalisation du plan de gestion - Remplir le mandat intégré de Parcs Canada en utilisant de l'énergie verte renouvelable pour une installation destinée aux visiteurs du parc national du Canada des Glaciers et en protégeant la qualité de l'air dans le parc, en ne consommant pas de combustibles fossiles et en offrant aux visiteurs une occasion d'en apprendre davantage sur les technologies d'énergies vertes.*
- *Intégrité écologique et commémorative : Réduction des émissions de GES grâce à l'utilisation de l'hydroélectricité plutôt que de génératrices au propane ou au diesel.*
- *Expérience offerte aux visiteurs : Offrir une occasion unique de présenter des solutions d'énergie renouvelable et d'énergie verte aux Canadiens et aux visiteurs.*
- *Directive de Parcs Canada en matière de gestion environnementale – Qualité de l'air et de l'eau et utilisation durable de terres, mars 2009, annexe A - Aspects, cibles et objectifs environnementaux - Réduction de 20 % des émissions de gaz à effet de serre d'ici 2020 par rapport aux niveaux de 1998 (réduction absolue de 56 414 à 45 051 kilotonnes de production annuelle).*

Pour plus d'information

- Veuillez communiquer avec Sarah Boyle, directrice par intérim de la conservation des ressources, au 250-837-7517.

Annexe E: Liste des coordonnées de Parcs Canada pour obtenir de l'information sur les projets

Veillez consulter [PC 411](#) et le répertoire Domino de Parcs Canada (Lotus Notes) pour obtenir de l'information sur les coordonnées actuelles.

Description du projet	Personne-ressource	Description du projet
Technologies de bâtiment solaire passif		
Certification LEED platine; système de récupération de l'eau de pluie, panneaux PV, chaleur géothermale océanique	Terry Arnett/Gaileen Irwin	Certification LEED platine; système de récupération de l'eau de pluie, panneaux PV, chaleur géothermale océanique
Certification Visez vert Plus BOMA à Upper Hot Springs	Ken Fisher/Terry Arnett	Certification Visez vert Plus BOMA à Upper Hot Springs
Chauffage solaire de l'eau		
Chauffe-eau solaire pour piscine	Doug Watson	Chauffe-eau solaire pour piscine
Système de préchauffage solaire de l'eau chaude pour le terrain de camping	Stephen Hopper	Système de préchauffage solaire de l'eau chaude pour le terrain de camping
Système de chauffage solaire de l'eau pour l'installation sanitaire, terrain de camping Wasagaming	Cam McKillop	Système de chauffage solaire de l'eau pour l'installation sanitaire, terrain de camping Wasagaming
Systèmes photovoltaïques		
PV – Gestion des ressources/sécurité publique	Carle Bélanger	PV – Gestion des ressources/sécurité publique
Systèmes PV pour le traitement de l'eau dans les terrains de camping	Gary Sears	Systèmes PV pour le traitement de l'eau dans les terrains de

		camping
Ateliers – Système PV	Dean Hamilton	Ateliers – Système PV
Centre d'accueil – système PV; vente d'énergie au réseau électrique	Michael Caswell	Centre d'accueil – système PV; vente d'énergie au réseau électrique
Système photovoltaïque hybride, station du lac Maligne	Kelly Derksen/Mike Wesbrook	Système photovoltaïque hybride, station du lac Maligne
Systèmes PV pour 5 postes en bordure de route	Karen Wolfrey	Systèmes PV pour 5 postes en bordure de route
Énergie solaire PV pour la clôture électrique contre les ours et pour le chargement des ordinateurs et des piles d'appareil photo, les stations de relais radioélectrique et les stations météorologiques; comprend un panneau solaire souple PowerFilm	Christopher Hunter	Énergie solaire PV pour la clôture électrique contre les ours et pour le chargement des ordinateurs et des piles d'appareil photo, les stations de relais radioélectrique et les stations météorologiques; comprend un panneau solaire souple PowerFilm
Énergie PV pour les cabines du parc situées dans l'arrière-pays	Dave Martynuik	Énergie PV pour les cabines du parc situées dans l'arrière-pays
Énergie PV pour trois installations sanitaires et une station de pompage, afin de fournir de l'eau et de l'éclairage électrique	Fiona Moreland/Curtis Mortensen	Énergie PV pour trois installations sanitaires et une station de pompage, afin de fournir de l'eau et de l'éclairage électrique
Énergie PV pour le terrain de camping du lac Moon	Cam McKillop	Énergie PV pour le terrain de camping du lac Moon
Amélioration du centre d'accueil – PV, mur Trombe, tubes fluorescents	Mark Schneider	Amélioration du centre d'accueil – PV, mur Trombe, tubes

		fluorescents
Poste écologique – PV	Gary Sears	Poste écologique – PV
Systèmes PV pour le traitement de l'eau et des eaux usées et pour la production d'électricité	Mark Schneider/Mike Hawkins	Systèmes PV pour le traitement de l'eau et des eaux usées et pour la production d'électricité
Amélioration du centre d'accueil – Panneaux solaires PV pour fournir de l'électricité au bâtiment, chauffage solaire de l'eau, revêtements de fenêtres pour réduire la perte de chaleur, panneaux solaires PV pour alimenter les petits moteurs présents dans les installations, p. ex., toilettes à compostage	Ivan Smith	Amélioration du centre d'accueil – Panneaux solaires PV pour fournir de l'électricité au bâtiment, chauffage solaire de l'eau, revêtements de fenêtres pour réduire la perte de chaleur, panneaux solaires PV pour alimenter les petits moteurs présents dans les installations, p. ex., toilettes à compostage
Énergie PV pour le système de radiocommunication et l'éclairage des toilettes extérieures	Adrian Sturch	Énergie PV pour le système de radiocommunication et l'éclairage des toilettes extérieures
Système PV pour bâtiment écologique	Glenn Ebert	Système PV pour bâtiment écologique
Énergie PV pour les installations sanitaires	Kelly Scott/Mark Major	Énergie PV pour les installations sanitaires
Thermopompes géothermiques		
Thermopompe utilisant le sol comme source de chaleur	Michael Caswell	Thermopompe utilisant le sol comme source de chaleur
Géothermique	Louis Michel	Géothermique
Thermopompe utilisant le sol comme source de chaleur dans le musée	Mark Schneider	Thermopompe utilisant le sol comme source de chaleur dans le musée
Microcentrales hydroélectriques		

Microcentrale hydroélectrique au terrain de camping Illecillewaet	Sarah Boyle	Microcentrale hydroélectrique au terrain de camping Illecillewaet
Systemes éoliens		
Centre d'accueil – éolienne, énergie solaire, thermopompe	Michael Caswell	Centre d'accueil – éolienne, énergie solaire, thermopompe
Éolienne	Sophie Fortier	Éolienne
Énergie éolienne et solaire pour alimenter deux cabines éloignées	Christine Hedgecock	Énergie éolienne et solaire pour alimenter deux cabines éloignées
Éolienne et thermopompe utilisant le sol comme source de chaleur	Greg Shaw	Éolienne et thermopompe utilisant le sol comme source de chaleur
Éolienne, terrain de camping Dalvay	Greg Shaw	Éolienne, terrain de camping Dalvay