



GUIDE SUR LA  
**BIOthermie**  
À PARTIR DE BIOMASSE FORESTIÈRE  
POUR LES COMMUNAUTÉS RURALES  
ET ÉLOIGNÉES DE L'ONTARIO

publication spéciale SP-537F  
février 2020



# GUIDE SUR LA **BIOthermie** À PARTIR DE BIOMASSE FORESTIÈRE POUR LES COMMUNAUTÉS RURALES ET ÉLOIGNÉES DE L'ONTARIO

publication spéciale SP-537F

*ISBN 978-0-86488-586-9 (imprimé)*

*ISBN 978-0-86488-587-6 (numérique)*

*ISSN 1925-0495 (imprimé)*

*ISSN 1925-0509 (numérique)*

Glen Prevost, M.F.C., ing.  
Conseiller industriel, FPInnovations



## | REMERCIEMENTS

Le soutien financier pour la réalisation de ce guide a été fourni par la Société de gestion du Fonds du patrimoine du Nord de l'Ontario, FedNor, le ministère des Richesses naturelles et des Forêts de l'Ontario et Ressources naturelles Canada.



Natural Resources  
Canada

Ressources naturelles  
Canada



L'auteur remercie le comité directeur du projet pour l'orientation donnée durant l'élaboration de ce guide par ses conseils et ses commentaires. Le comité directeur comprenait des membres du personnel du ministère des Richesses naturelles et des Forêts de l'Ontario, division de l'industrie forestière, de Ressources naturelles Canada, de CanmetÉNERGIE et de FPIInnovations. L'auteur aimerait également souligner l'importante contribution de Sebnem Madrali, de CanmetÉNERGIE, dans l'élaboration, la rédaction et la révision de ce guide.

Les examinateurs à l'interne de FPIInnovations ont donné d'importants commentaires et suggestions dans les versions préliminaires. Parmi eux, on comptait :

- John Pineau
- Christoph Schilling
- Marian Marinescu
- Sylvain Volpé
- Luc Desrochers

Les personnes suivantes ont partagé leur temps, leurs idées et leur avis sur les technologies de biothermie et sur les biocombustibles. Cette information a été cruciale pour l'élaboration de ce guide.

- Mike Rutter et Vince Rutter, Biothermic Systèmes d'énergie de bois
- Colin Kelly, Confederation College
- Andreas Wintzer, Viessmann Manufacturing Company Inc.
- Todd Eastman, ministère de l'Énergie, du Développement du Nord et des Mines de l'Ontario
- Conrad Lacroix, Granules de bois LacWood (I.C.S. Lacroix Lumber)
- Steven Law, ministère de l'Environnement, de la Protection de la nature et des Parcs de l'Ontario
- Terrence Sauvé, ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario
- Jonathan Halasz, ministère des Richesses naturelles et des Forêts de l'Ontario
- Heather Reid, Abbey Gardens
- Marc-Antoine Cantin, Stove Builder International Inc. (SBI)
- Roland Kilpatrick, Innovation Initiatives Ontario North
- Sally Krigstin, Université de Toronto

L'auteur apprécie le travail de l'équipe des communications de FPIInnovations qui a coordonné la production de ce guide.

# Table des matières

## 6 RÉSUMÉ

### 7 1. INTRODUCTION

- À qui ce guide sera-t-il utile?
- En quoi consistent la biomasse, le biocombustible et la biothermie?
- Les systèmes de biothermie sont-ils complexes?
- Que trouve-t-on dans ce guide?

### 9 2. LES AVANTAGES DE CHOISIR LA BIODERMIE

- Soutien du développement économique et des emplois locaux
- Un combustible renouvelable et durable
- Coûts d'énergie stables et peu élevés
- Approvisionnement fiable en combustible
- Combustible à faibles émissions de carbone
- Moins de risque environnemental qu'avec les combustibles fossiles
- Les systèmes de biothermie sont fiables et faciles d'utilisation
- Stimulation du développement des communautés
- Financement d'activités locales de gestion forestière

### 13 3. BIOCOMBUSTIBLES SOLIDES

- Propriétés importantes des biocombustibles solides
- Bois de chauffage
- Copeaux de bois
- Briquettes de bois
- Granules de bois

### 21 4. SYSTÈMES DE COMBUSTION DE BIODERMIE

- Poêles
- Générateurs d'air chaud
- Chaudières

### 30 5. FACTEURS IMPORTANTS À PRENDRE EN CONSIDÉRATION LORS DU CHOIX DE LA BIODERMIE

### 32 6. COMPARAISON ENTRE DES INSTALLATIONS DE BIODERMIE NEUVES ET DES INSTALLATIONS RÉNOVÉES

### 33 7. PROJETS DE BIODERMIE RÉSIDENTIELS

- Habitations écoénergétiques
- Étapes de planification
- Réglementation applicable

## **36** 8. PROJETS INSTITUTIONNELS ET COMMERCIAUX DE BIOTHERMIE

- Planification du projet
- Établissement des dimensions d'un système de biothermie
- Réglementation pertinente
- Financement d'un projet de biothermie

## **46** 9. AUTRES SYSTÈMES DE BIOTHERMIE

- Systèmes de chauffage centralisé
- Systèmes de production combinée de chaleur et d'électricité

## **47** 10. RÉFÉRENCES

## **50** ANNEXE A : AVANTAGES POUR L'ENVIRONNEMENT ET CONSIDÉRATIONS

- Biothermie et cycle du carbone
- Émissions
- Aménagement forestier durable en Ontario

## **54** ANNEXE B : ÉTUDES DE CAS

- Confederation College
- Abbey Gardens
- Générateur d'air chaud résidentiel au bois
- Viessmann Manufacturing Company Inc.

## **67** ANNEXE C : RESSOURCES ADDITIONNELLES

- Autres guides et ressources générales sur la biothermie
- Chauffage aux granules résidentiel et des petits bâtiments commerciaux
- Biocombustibles
- Études de cas additionnelles
- Chauffage centralisé
- Production combinée de chaleur et d'électricité
- Calculatrices d'énergie thermique du bois
- Émissions de la biothermie
- Biothermie et changements climatiques
- Aménagement forestier durable au Canada et en Ontario
- Bureaux de district du ministère des Richesses naturelles et des Forêts
- Bureaux régionaux du ministère de l'Environnement, de la Protection de la nature et des Parcs

## | RÉSUMÉ

Ce guide a été élaboré afin de donner de l'information aux résidents des communautés rurales et éloignées de l'Ontario et les rassurer sur l'utilisation du bois provenant de forêts ontariennes gérées de façon durable en vue de produire de la chaleur et de l'eau chaude domestique. Il s'adresse aux dirigeants de communautés, comme ceux qui font partie des administrations municipales, des conseils de bande, des commissions scolaires, des groupes religieux, des organisations à but non lucratif et des petites entreprises, de même qu'aux propriétaires privés.

Les systèmes modernes de biothermie consistent en des systèmes mécaniques de haute technologie qui fournissent de la chaleur et de l'eau chaude domestique aux entreprises et aux bâtiments communautaires ainsi qu'aux maisons privées. Ce guide s'applique aux systèmes d'une puissance inférieure à 1 MW et qui utilisent des biocombustibles solides pour la production de chaleur. L'Ontario a un important approvisionnement en biomasse ligneuse provenant de forêts gérées de façon durable, incluant des résidus de récoltes et d'usines et du bois sur pied non marchand, qui pourrait servir de biocombustible solide.

Les systèmes de chauffage au bois modernes qui utilisent des biocombustibles solides renouvelables locaux permettent de réduire les émissions de gaz à effet de serre, de créer des emplois locaux dans le secteur de l'énergie propre, de garder l'argent dans les communautés locales, de réduire le risque de déversements de combustible et d'accroître la production locale d'énergie et la sécurité économique.

Ce guide donne de l'information détaillée sur les biocombustibles solides qui sont disponibles en Ontario et sur les systèmes de combustion qui peuvent brûler ces biocombustibles. Les quatre types de biocombustibles solides dont il est question dans ce guide sont le bois de chauffage, les copeaux de bois, les briquettes de bois et les granules de bois. Les trois types de systèmes de combustion sont les poêles, les générateurs d'air chaud et les chaudières. Ce guide présente les principales considérations en ce qui concerne l'approvisionnement et l'utilisation de chaque type de biocombustible et système de combustion pour les applications institutionnelles/commerciales et résidentielles. Le guide porte sur les étapes de planification et les options de financement pour les systèmes de biothermie.

## | 1. INTRODUCTION

### À qui ce guide sera-t-il utile?

Ce guide a été élaboré afin de donner de l'information aux résidents des communautés rurales et éloignées de l'Ontario et les rassurer sur l'utilisation du bois provenant de forêts ontariennes gérées de façon durable en vue de produire de la chaleur et de l'eau chaude domestique. Il s'adresse aux dirigeants de communautés, comme ceux qui font partie des administrations municipales,

des conseils de bande, des commissions scolaires, des groupes religieux, des organisations à but non lucratif et des petites entreprises, de même qu'aux propriétaires privés. Ce guide contient suffisamment de détails pour que les consultants, les ingénieurs et les fournisseurs de systèmes de combustion de biomasse ligneuse et de biocombustibles le trouvent également utile.

### En quoi consistent la biomasse, le biocombustible et la biothermie?

La *biomasse* englobe « l'ensemble des matières organiques d'origine biologique » et peut provenir des activités de foresterie, d'arboriculture, d'agriculture, d'horticulture et d'aquaculture (Groupe CSA, 2015). Lorsque la biomasse est transformée et utilisée comme combustible en vue de produire de la chaleur ou de l'électricité, on l'appelle *biocombustible*. La production de chaleur lors de la combustion du biocombustible est appelée la *biothermie*.

Ce guide traite uniquement des biocombustibles solides issus de ressources forestières. Les quatre catégories de biocombustibles solides sont le bois de chauffage (figure 1), les copeaux de bois (figure 2), les briquettes de bois (figure 3) et les granules de bois (figure 4).



### Les systèmes de biothermie sont-ils complexes?

Les systèmes de biothermie ne sont pas complexes. La technologie est bien développée et grandement utilisée en Europe, en Alaska et dans le nord-est des États-Unis, ainsi que dans l'ensemble du Canada. Les systèmes de biothermie sont relativement nouveaux en Ontario, et c'est la raison pour laquelle ce guide

a été préparé. Les professionnels de la biothermie de l'Ontario sont hautement qualifiés et soucieux d'aider ceux qui veulent installer un système de biothermie. Les lecteurs peuvent avoir l'impression que les systèmes sont complexes, mais cela est dû à la nouveauté des systèmes de biothermie dans la province, non pas à la complexité des systèmes eux-mêmes.

## Que trouve-t-on dans ce guide?

Ce guide s'applique aux systèmes d'une puissance thermique inférieure à 1 MW qui utilisent des biocombustibles solides pour la production de chaleur. Ce guide ne traite pas des chaudières extérieures, des systèmes de combustion d'une puissance thermique supérieure à 1 MW, des systèmes de production combinée de chaleur et d'électricité de quelque puissance que ce soit, ou des biocombustibles liquides produits à partir du bois massif. Le guide comprend les sections suivantes :

- Section 1 : Introduction
- Section 2 : Les avantages de choisir la biothermie
- Section 3 : Biocombustibles solides
- Section 4 : Systèmes de combustion de biothermie
- Section 5 : Facteurs importants à prendre en considération lors du choix de la biothermie
- Section 6 : Comparaison entre des installations de biothermie neuves et des installations rénovées
- Section 7 : Projets résidentiels de biothermie
- Section 8 : Projets institutionnels et commerciaux de biothermie
- Section 9 : Autres systèmes de biothermie



Figure 1. Bois de chauffage empilé et couvert.

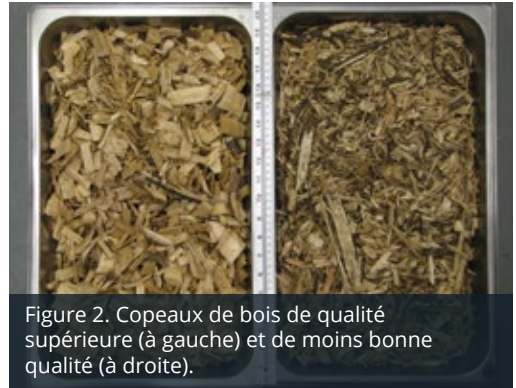


Figure 2. Copeaux de bois de qualité supérieure (à gauche) et de moins bonne qualité (à droite).



Figure 3. Divers types de briquettes de bois.  
(Photo : CanmetÉNERGIE, Ressources naturelles Canada)



Figure 4. Granules de bois.



## **2. LES AVANTAGES DE CHOISIR LA BIOTHERMIE**

### **Soutien du développement économique et des emplois locaux**

Comme les biocombustibles sont habituellement de provenance locale ou régionale, la plupart des avantages économiques restent locaux ou régionaux. De la main-d'œuvre locale est nécessaire pour récolter, transformer et livrer le biocombustible, de même que pour faire fonctionner et entretenir les systèmes de combustion. Tout cela crée des occasions de développement et de croissance pour les particuliers et pour les entreprises. Le fait de garder l'argent à l'échelle locale et d'avoir des coûts d'énergie plus faibles procure un avantage économique aux communautés rurales et éloignées. Lorsqu'il faut acheter des combustibles fossiles ou de l'électricité, une bonne partie de cet argent quitte la communauté.

Les biocombustibles solides sont souvent faits à partir de biomasse sous-utilisée ou de mauvaise qualité. Les entreprises forestières locales qui trouvent un marché pour cette biomasse réduisent les coûts, ce qui permet de maintenir et de créer de nouveaux emplois locaux ainsi que de diversifier l'éventail de produits forestiers.

### **Un combustible renouvelable et durable**

L'Ontario a un vaste approvisionnement durable de biomasse forestière (résidus de coupe et d'usines, bois sur pied) qui peut servir à produire du biocombustible solide. La Loi sur la durabilité des forêts de la Couronne de l'Ontario stipule

que toutes les forêts de la Couronne doivent être gérées de façon durable et que l'Ontario doit utiliser une approche scientifique rigoureuse pour la gestion des forêts de la Couronne. Ainsi, les utilisateurs de biocombustible issu des forêts de la Couronne ont la certitude qu'ils utilisent un combustible durable et renouvelable. On peut obtenir plus d'information sur l'aménagement forestier durable en Ontario à l'annexe A.

### **Coûts d'énergie stables et peu élevés**

Le biocombustible est souvent le moins dispendieux des combustibles de chauffage offerts. Il peut être entre 34 p. 100 et 81 p. 100 moins cher que les autres combustibles de chauffage, selon le biocombustible utilisé et le combustible qu'il remplace. Le prix du biocombustible a également tendance à être plus stable que celui des autres combustibles. Le passage à la biothermie permet de réduire les coûts et de protéger la communauté contre les fluctuations de prix des combustibles fossiles. Le gaz naturel est souvent plus économique que la biothermie, mais il ne peut procurer les mêmes avantages socio-économiques que le biocombustible solide de provenance locale.

### **Approvisionnement fiable en combustible**

La production de biocombustible est bien établie et est en hausse partout dans le monde, plus de gens réalisant les avantages de passer à la biothermie. Le bois de chauffage et les granules sont facilement disponibles à de nombreux endroits en Ontario. Les copeaux de

bois sont grandement disponibles, mais il faut s'assurer que les fabricants locaux peuvent fournir des copeaux de bonne qualité. À certains endroits, les copeaux de bois peuvent déjà être promis à d'autres utilisateurs.

### **Combustible à faibles émissions de carbone**

De nombreuses personnes ne réalisent pas que la biothermie utilise un combustible à faibles émissions de carbone. Le biocombustible est une ressource renouvelable qui produit moins d'émissions de gaz à effet de serre que les combustibles fossiles, pourvu que la forêt soit gérée de façon durable. Lors de la combustion des combustibles fossiles, du carbone ancien est rejeté dans l'atmosphère, et comme il ne peut

être retourné dans les gisements initiaux, une bonne partie du carbone émis demeure dans l'atmosphère et contribue aux changements climatiques. Lors de la combustion de biocombustibles, les émissions de carbone peuvent être captées de nouveau par la forêt lorsque de nouveaux arbres poussent pour remplacer les arbres qui ont été récoltés afin de produire le biocombustible. Pour plus d'information sur la biothermie et les émissions de carbone, consulter l'annexe A.

### **Moins de risque environnemental qu'avec les combustibles fossiles**

Certaines personnes ou communautés sont persuadées que les systèmes de biothermie sont de gros pollueurs et que les systèmes utilisant des combustibles fossiles sont beaucoup plus propres. Cela n'est pas vrai. Tous les types de combustion, y compris celle utilisant des biocombustibles et des combustibles fossiles, produisent des émissions comme du dioxyde de soufre, de l'oxyde nitreux, du monoxyde de carbone, du dioxyde de carbone, des composés organiques volatils et des particules. Les systèmes modernes de biothermie génèrent des quantités d'émissions beaucoup plus faibles qu'un poêle à bois résidentiel classique, et sont comparables à leurs équivalents en combustibles fossiles. Les niveaux d'émission des nouveaux systèmes de biothermie diminuent constamment. Pour plus d'information sur la biothermie et les émissions de carbone, consulter l'annexe A.

Les combustibles fossiles liquides peuvent poser un risque de contamination en cas de déversement. Le biocombustible ne pose aucun risque de déversement.



Il se décompose simplement de façon naturelle sans effets nocifs sur la population ou l'environnement.

### **Les systèmes de biothermie sont fiables et faciles d'utilisation**

Les systèmes de biothermie comportent les mêmes caractéristiques et la même fiabilité que n'importe quel autre système de chauffage neuf. Les systèmes de biothermie sont des systèmes mécaniques de haute technologie, tout comme les systèmes électriques ou aux combustibles fossiles. La plupart de ces systèmes présentent un fonctionnement automatique convivial et procurent un rendement fiable, et tous doivent être conçus et installés par des professionnels qualifiés. Les éventuels propriétaires et concepteurs doivent cependant savoir qu'il y a des différences importantes entre les systèmes de biothermie et les autres systèmes de chauffage. Parmi ces

différences, mentionnons le nettoyage, l'entretien et la gestion du combustible. Les avantages valent souvent les efforts additionnels. Avec une bonne conception, on peut souvent faire en sorte que le travail requis pour le fonctionnement d'un système de biothermie corresponde aux capacités du propriétaire ou de l'exploitant.

### **Stimulation du développement des communautés**

Les systèmes de biothermie, en particulier les systèmes communautaires plus gros, nécessitent des partenariats avec des groupes locaux. Cela peut mener à de nouvelles possibilités de développement pour la communauté comme de l'emploi, de la formation et des interactions sociales. Les avantages sociaux peuvent souvent être le facteur décisif lors de l'étude de viabilité d'un projet de biothermie. Parmi les possibles



avantages sociaux, il y a :

- sécurité énergétique;
- énergie renouvelable de provenance locale;
- emplois locaux;
- renforcement des liens dans la communauté grâce à un projet collaboratif;
- confiance dans l'avenir de la communauté;
- possibilité d'établir de nouveaux partenariats et de la collaboration au sein de la communauté.

### **Financement d'activités locales de gestion forestière**

Certaines activités liées à la production de biocombustible peuvent être financées. C'est le cas de l'éclaircie précommerciale, du reboisement et des initiatives Intelli-feu. Ces initiatives réduisent le risque de dommages dus aux feux en retirant une partie du combustible de la forêt (les arbres et le bois mort) près des bâtiments et des communautés.

### 3. BIOCOMBUSTIBLES SOLIDES

Cette section décrit chaque biocombustible solide dont il est question dans ce guide. Comme les systèmes résidentiels n'utilisent généralement pas de copeaux de bois, ceux qui s'intéressent aux systèmes résidentiels peuvent omettre la section sur les copeaux de bois. Le tableau 1 donne un résumé des principales propriétés de chaque type de combustible, y compris son coût approximatif. Les coûts indiqués sont des estimations générales et ne devraient pas être utilisés à des fins de planification. Le coût des combustibles devrait être vérifié auprès des fournisseurs locaux. Le contenu de cette section a été adapté des [Bulletins d'information sur les biocombustibles solides](#) de Ressources naturelles Canada (Ressources naturelles Canada, n.d.-a, b, c, d, e, f, g). Ces bulletins constituent une lecture recommandée pour avoir plus de détails sur les normes pour les biocombustibles ligneux, leur provenance et la description de chaque type de combustible.

Tableau 1. Comparaison des coûts et des propriétés des combustibles en Ontario<sup>a</sup>

Combustible	Teneur en humidité	Plage type de teneur en cendres (% base sèche)	Plage type de masse volumique (kg/m <sup>3</sup> )	Plage type de pouvoir calorifique supérieur (MJ/kg)	Demande de pointe de chauffage du bâtiment <sup>b</sup>	Coût livré nominal (\$ par volume unitaire)	Coût du combustible livré (\$/GJ)
Bois de chauffage (séchés)	<25 %	1,0–3,0	300–500	14–15	10 kW à 150 kW	400 \$ par corde de bois standard	22 \$
Granules <sup>c</sup>	<10 %	0,7–1,5	550–800	18–20	20 kW à >1 MW	300 \$ à 316 \$ par tonne	16 \$
Copeaux de bois (séchés à l'air)	45 % <sup>d</sup> légèrement tassés	1,0–3,0	300–400	10–11	150 kW à >1 MW	90 \$ à 110 \$ par tonne	10 \$
Mazout (n° 2)	s.o.	s.o.	850	42	20 kW à >1 MW	1,14 \$ par L	33 \$
Propane	s.o.	s.o.	1,7	50	20 kW à >1 MW	0,80 \$ par L	35 \$
Gaz naturel	s.o.	s.o.	0,7–0,9	43	20 kW à >1 MW	0,25 \$ par m <sup>3</sup>	6,70 \$
Électricité	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	20 kW à >1 MW	0,18 \$ par kWh	50 \$

<sup>a</sup> Les coûts sont uniquement des estimations et ne devraient pas servir à des fins de planification détaillée. Les coûts devraient être vérifiés auprès d'un fournisseur. (Adapté de Ressources naturelles Canada, n.d.-a, b, c, d, e, f, g; les estimations de coûts reposent sur les taux du marché de 2018.)

<sup>b</sup> Une limite supérieure à >1 MW a été utilisée pour ce tableau aux fins d'uniformité avec la portée du guide. Des systèmes plus puissants sont disponibles.

<sup>c</sup> Coûts pour la livraison en vrac dans des bacs, par camion souffleur ou sur des palettes.

<sup>d</sup> Les copeaux de bois peuvent être séchés jusqu'à un taux inférieur à 45 %. Lors du traitement mécanique, on peut atteindre 25 %.

s.o. : sans objet

## Propriétés importantes des biocombustibles solides

Les normes CAN/CSA-ISO 17225, Biocombustibles solides, sont des normes volontaires sur les combustibles et ont été adaptées à partir des normes sur les biocombustibles solides établies par l'Organisation internationale de normalisation (ISO) (Ressources naturelles Canada, n.d.-c; Groupe CSA, 2015). Les normes établissent les classes pour chaque type de biocombustible solide (bois de chauffage, copeaux de bois, briquettes de bois et granules de bois) selon la provenance et les propriétés du biocombustible. Les normes sont importantes, car la qualité du biocombustible peut varier considérablement selon la provenance et les méthodes de transformation. La qualité du biocombustible a des incidences sur l'efficacité de la combustion, la durée de vie du système de combustion et les émissions rejetées. Les fournisseurs et les acheteurs canadiens de biocombustibles solides peuvent utiliser ces normes afin de communiquer de l'information sur les exigences en matière de qualité du biocombustible et afin d'élaborer des conventions d'achat. L'Ontario utilise la norme CAN/CSA-ISO 17225, Biocombustibles solides, pour sa réglementation sur la qualité de l'air et ses lignes directrices sur les petits dispositifs de combustion au bois (systèmes de biothermie).

Lors du choix d'un combustible, il faudrait prendre en considération cinq propriétés du combustible. Par ordre d'importance, il y a la taille des particules, la teneur en

humidité, la teneur en cendres, la masse volumique et le pouvoir calorifique.

La taille des particules correspond à la dimension des éléments individuels du biocombustible. Les systèmes de combustion sont conçus de manière à fonctionner en utilisant un biocombustible dont les particules ont une certaine taille. Des particules trop grosses ou trop petites peuvent entraîner des problèmes pour les systèmes de manutention, la santé respiratoire, les émissions et l'efficacité de la combustion (Marinescu, 2013).

La teneur en humidité indique la quantité d'eau contenue dans un combustible, exprimée en pourcentage du poids du combustible. Elle est mesurée à l'état humide ou à l'état sec. Une teneur élevée en humidité comporte plusieurs désavantages, comme des coûts de



une différence  
de presque  
**30 %**



transport plus élevés par unité d'énergie, des émissions atmosphériques accrues, des risques de dégradation causés par les activités fongiques et bactériennes lors du stockage (compostage), des risques de combustion spontanée et de dégagement gazeux. Une teneur élevée en humidité diminue également la quantité d'énergie utile obtenue lors de la combustion, car il faut plus d'énergie pour évaporer l'eau. Ainsi, lorsqu'on brûle du combustible, une quantité considérable d'énergie est gaspillée à évaporer l'eau plutôt qu'à fournir de la chaleur utile.

Par exemple, du biocombustible avec une teneur en humidité de 20 p. 100 peut produire environ 17 MJ/kg, tandis que du biocombustible avec une teneur en humidité de 50 p. 100 peut produire environ 12 MJ/kg. Il s'agit d'une différence de presque 30 p. 100, ce qui signifie que si un système utilise du biocombustible ayant une teneur en humidité de 50 p. 100, il lui faudra brûler 30 p. 100 plus de combustible pour produire la même quantité de chaleur qu'avec du biocombustible ayant une teneur en humidité de 20 p. 100. Lors de l'achat de biocombustible, la teneur en humidité devrait être garantie.

Les cendres sont les résidus qui restent après la combustion et il faut s'en débarrasser régulièrement d'une quelconque façon. Les combustibles dont la teneur en cendres est faible réduisent la manutention et les coûts d'élimination. Une teneur élevée en écorce ou la contamination par la saleté ou de la terre font augmenter les cendres résiduelles. On devrait chercher à avoir une faible

teneur en cendres résiduelles lorsqu'on se procure du biocombustible (Marinescu, 2013). On peut utiliser les cendres propres pour amender le sol sur des terres privées, des terres municipales et des terres de réserve indienne, mais pas sur des terres de la Couronne (sauf pour des cas spéciaux comme des essais de recherche). Il faut s'assurer que les cendres sont propres et ne contiennent pas de métaux lourds ou d'oligo-éléments.

La masse volumique indique combien pèse le combustible par volume unitaire (par exemple, kg/m<sup>3</sup>) et inclut l'espace d'air entre les particules du combustible. Plus un biocombustible solide est dense, plus il contient d'énergie par volume unitaire. Les biocombustibles solides d'une masse volumique plus importante sont plus économiques à transporter et occupent moins d'espace de stockage (Marinescu, 2013).

Le pouvoir calorifique est la quantité d'énergie par unité de poids (par exemple, MJ/kg ou MJ/m<sup>3</sup> de biocombustible) que fournit le biocombustible lors de sa combustion. Cette valeur peut être présentée selon un pouvoir calorifique supérieur (PCS) ou un pouvoir calorifique inférieur (PCI). Pour le PCS, on suppose que toute la vapeur d'eau formée pendant la combustion a été condensée et que toute la chaleur disponible a été récupérée. Pour le PCI, on suppose que l'eau contenue dans le combustible s'est évaporée et n'a pas été récupérée. Le PCS est la valeur le plus couramment indiquée au Canada (Marinescu, 2013).



## Bois de chauffage

Le bois de chauffage (figure 1) est la forme de biocombustible solide la moins transformée et la plus courante. On l'obtient en coupant des billes de longueur appropriée, puis en les fendant au besoin. Comme son transport est dispendieux, on se le procure souvent dans des forêts locales. Les essences feuillues comme l'érable et le bouleau ont une densité énergétique (kJ/kg de bois) plus élevée que les essences résineuses comme le pin et l'épinette. Les systèmes de combustion qui utilisent du bois de feuillus ont besoin d'être alimentés moins souvent. La pratique exemplaire consiste à transformer et à brûler localement le bois de chauffage et à ne pas le déplacer sur de grandes distances afin de réduire le risque de déplacer des espèces envahissantes.

### Manutention et stockage du bois de chauffage

Le bois de chauffage est souvent vendu en fonction du volume, par exemple à la corde (3,62 m<sup>3</sup>, 4 pi x 8 pi x 4 pi, empilé), ou transformé par l'utilisateur s'il a accès à un terrain boisé. Les utilisateurs résidentiels peuvent obtenir un permis de production de bois de chauffage auprès du ministère des Richesses naturelles et des Forêts pour récolter du bois de chauffage sur les terres de la Couronne dans un but de chauffage personnel. Des droits de coupe doivent être payés au gouvernement en fonction de la quantité de bois récolté. Les droits pour 2018 étaient de 4,64 \$/m<sup>3</sup>, soit environ 11,70 \$

par corde normale de bois (en tenant compte d'un espace d'air de 30 p. 100 dans le bois empilé) (Gouvernement de l'Ontario, 2018).

Le bois de chauffage devrait être séché afin d'atteindre 20 p. 100 de teneur en humidité, et ce, pendant deux saisons de temps de séchage (printemps et été); il devrait aussi être protégé contre les intempéries (figure 1). Le bois de chauffage qui n'est pas recouvert ou séché suffisamment longtemps aura une teneur en humidité élevée, produisant ainsi plus d'émissions et brûlant inefficacement, ce qui nécessitera plus de bois pour fournir la même quantité de chaleur.

Le bois de chauffage est le combustible qui demande le plus de travail pour l'utilisateur. Du bois de chauffage pré-transformé peut être acheté et livré, mais l'utilisateur doit souvent l'empiler lui-même. Si l'utilisateur décide de récolter et de transformer lui-même le bois de chauffage, cela représentera plus de travail, mais pourra entraîner des économies. Comme il est difficile d'automatiser l'alimentation des systèmes de combustion en bois de chauffage, il doit y avoir une personne sur place pour charger le système à des intervalles de quelques heures.



### Copeaux de bois

Les copeaux de bois (figures 2 et 5) sont obtenus en déchiquetant ou en broyant le bois, puis en tamisant les copeaux afin de s'assurer qu'ils sont d'une grosseur





Figure 5. Cette installation de production de copeaux de bois pour la biothermie a une plateforme d'asphalte afin d'éliminer la contamination par le sable et la saleté et les copeaux sont couverts afin de permettre leur séchage. La capacité de stockage est de 1 000 tonnes anhydres. (Photo : Biothermic)



Figure 6. Les résidus de coupe (illustrés ici) ne peuvent être utilisés dans les systèmes de combustion dont il est question dans ce guide.

uniforme. Ils sont généralement obtenus à partir de résidus d'usine, comme des dosses, de l'écorce ou des rognures, et à partir de résidus de coupe. Les copeaux de bois utilisés comme biocombustible, aussi appelés copeaux d'énergie, sont différents des copeaux à pâte. Les copeaux à pâte doivent souvent répondre à des exigences de qualité supérieure. Les propriétés des copeaux de bois peuvent varier considérablement selon la provenance et la méthode de production. Les systèmes de combustion dont il est question dans ce guide nécessitent des copeaux dont la taille, la composition et la teneur en humidité sont uniformes. Les copeaux de bois sont moins coûteux à fabriquer que les granules de bois, mais leur transport est plus dispendieux, car ils ont une teneur en humidité plus élevée

et une masse volumique plus faible. On peut utiliser des systèmes automatisés de manutention du combustible pour alimenter les systèmes de combustion en copeaux de bois. Les copeaux de bois de qualité inférieure, souvent appelés « résidus de coupe » (figure 6), peuvent être de taille et de contenu (bois, écorce, brindilles, pierres, saleté) variés et ne constituent pas un combustible adéquat pour les systèmes de combustion dont il est question dans ce guide.

### Manutention et stockage des copeaux de bois

Les copeaux sont généralement livrés par camion dans un local ou un bac de collecte situé près du système de combustion. Il doit y avoir de l'espace près du lieu de stockage pour la livraison. Une installation de stockage de plus grande dimension permet de faire moins de livraisons, mais nécessite plus d'espace. Les dimensions de la zone de stockage du combustible devraient être telles que les véhicules de livraison peuvent toujours livrer un chargement complet, de manière à avoir un approvisionnement suffisant pour deux à quatre semaines de fonctionnement pour les plus petits systèmes (<500 kW) (Community Energy Association, 2014). Le ministère de l'Environnement, de la Protection de la nature et des Parcs de l'Ontario exige d'avoir 1,5 journée de combustible pour les systèmes d'une puissance thermique <3 MW. L'installation de stockage doit être raccordée au dispositif de combustion par un système de convoyeur automatisé (comme un ensemble formé d'un transporteur à vis et

d'un plancher mobile) afin d'acheminer les copeaux de bois directement au système de combustion.

Les copeaux de bois doivent être protégés par un toit afin d'éviter que la pluie et la neige les rendent humides (figure 5). L'eau réduit la teneur en énergie des copeaux, et lorsqu'elle pénètre entre les copeaux et gèle, ceux-ci se transforment en gros blocs et deviennent difficiles à manipuler, bloquant alors les systèmes d'alimentation automatisés. Les copeaux devraient être stockés sur une plateforme de béton ou d'un matériau semblable afin d'éviter la contamination par la terre et les pierres. La contamination, comme les pierres, le sable, la saleté ou la terre, encrassera le système de combustion, fera augmenter les émissions et entraînera la défaillance du système. Du combustible contaminé aux produits chimiques ne doit pas non plus être utilisé pour la combustion. Ces exigences de manutention s'appliquent à la fois à l'installation de stockage du fournisseur qu'à l'installation de stockage de l'utilisateur. Les copeaux stockés pendant de longues périodes (plus de deux semaines) et en grandes quantités peuvent commencer à poser des risques pour la sécurité : émission de monoxyde de carbone et combustion spontanée occasionnées par la décomposition du combustible. La plupart des systèmes de combustion utilisent les copeaux avant qu'ils commencent à poser des risques. Il est préférable d'empiler les billes, puis de les déchiqeter au besoin afin d'éviter ces problèmes. Le *Guide to Wood Chip Fuel: Characteristics, Supply, Storage*

*and Procurement* (Groupe CSA) donne des instructions plus détaillées sur la manutention des copeaux de bois. Les fabricants de systèmes de combustion donnent également des indications sur le stockage des copeaux de bois.

Il est possible pour l'utilisateur de fabriquer les copeaux de bois, mais la production de biocombustible dépasse le cadre de ce guide. Il faut des déchiqeteuses spéciales et d'autre équipement pour la production de copeaux. Les fabricants et les concepteurs de systèmes de combustion peuvent donner des indications à ce sujet.



### Briquettes de bois

Les briquettes de bois (figure 3) ne sont pas d'utilisation courante en Ontario, mais le sont dans d'autres régions du monde. Elles ont des propriétés hautement uniformes, ce qui procure un fonctionnement uniforme du système de combustion. Elles ressemblent aux granules de bois, car elles se composent de résidus de bois comprimés, mais elles sont moins denses que les granules de bois et sont faites de plus grosses particules. Elles sont souvent offertes sous deux formats : des grosses briquettes de la taille d'une bûche (semblables au format du bois de chauffage) et des petites briquettes de la taille d'une rondelle (semblables à une boîte de conserve). Étant donné leur faible teneur en humidité et leur taille uniforme, elles conviennent bien au transport. Au Canada, il est rare d'utiliser des liants additionnels dans le processus

de fabrication afin que les briquettes se tiennent bien.

### Manutention et stockage des briquettes de bois

Les briquettes sont vendues au sac, à la boîte ou à la palette. Elles peuvent être chargées manuellement dans un système de combustion, ou on peut installer un système de chargement automatique. Les briquettes doivent être conservées entièrement au sec sinon elles se détérioreront et se désintégreront.



### Granules de bois

Les granules de bois (figure 4) sont obtenus en comprimant de la sciure de bois sous forme de petits granules cylindriques de 6 à 8 mm de diamètre et d'au plus 40 mm de longueur. La lignine présente naturellement dans le bois fait en sorte que les granules se tiennent bien. Au Canada, il est peu courant d'utiliser des liants additionnels dans le processus de fabrication afin que les granules se tiennent bien. Les granules de bois ont des propriétés hautement uniformes, ce qui procure un fonctionnement uniforme du système de combustion. Elles sont peu coûteuses à manipuler et à transporter et conviennent bien pour les systèmes automatisés de manutention du combustible.

### Manutention et stockage des granules de bois

Les granules de bois sont vendus au sac ou par camion de livraison de vrac. La livraison de vrac peut se faire dans

des sacs (figure 7) ou sur des palettes (figure 8), ou directement par camion souffleur dans un bac ou un silo, ce qui élimine la nécessité pour les utilisateurs de manipuler eux-mêmes les granules de bois (figure 9). La livraison par camion souffleur est la méthode de livraison la plus pratique et est actuellement offerte dans certaines régions de l'Ontario (centre et nord-ouest).



Figure 7. Les granules de bois peuvent être livrés en sacs emballés de 18 kg sur des palettes (à gauche) ou dans de grands sacs (à droite). (Photo : ICS Lacroix)



Figure 8. Installation résidentielle de stockage et de transport de granules de bois en sacs. (Photo : Innovations Initiatives Ontario North)

Les granules de bois dureront plus longtemps s'ils sont conservés au sec, mais se détérioreront et se désintégreront en sciure de bois s'ils sont exposés même à très peu d'humidité. Les granules de bois stockés dans des sacs devraient être conservés dans un endroit sec, comme un sous-sol ou une remise fermée, ou recouverts d'une bâche de plastique

(figure 8). Si les granules de bois sont livrés en vrac par camion, il faut alors un bac de stockage extérieur (figure 9) ou intérieur (figure 10). Les bacs de stockage intérieurs peuvent être en surface ou sous terre. Ils peuvent être faits sur mesure, pourvu qu'ils puissent bien contenir les granules et la poussière et conserver les granules au sec. On utilise souvent des silos agricoles pour le stockage extérieur (figure 9). Les dimensions de la zone de stockage du combustible doivent être telles que les véhicules de livraison puissent toujours livrer un chargement complet et que

l'approvisionnement soit suffisant pour assurer le fonctionnement des plus petits systèmes (<500 kW) pendant deux à quatre semaines et des plus gros systèmes (>1 à 2 MW) pendant trois jours (Community Energy Association, 2014). Lorsque l'espace le permet, les systèmes peuvent être conçus de manière à ne faire la livraison qu'une fois l'an.

Les fabricants de systèmes de combustion donnent également des indications sur le stockage des granules de bois. Au début de 2019, le Groupe CSA procédait

à l'élaboration de nouvelles normes pour le stockage des granules de bois.



Figure 9. Camion de livraison déchargeant des granules de bois dans un silo agricole à l'aide d'un tuyau souffleur. Un système de commande automatique indique au système de combustion quand acheminer des granules de bois du silo à la trémie du système de combustion. (Photo : Biothermic)



Figure 10. Système pneumatique de livraison de granules de bois. Les granules sont stockés dans une salle (à droite) puis automatiquement acheminés à la chaudière à l'aide de têtes d'aspiration, (sur le plancher, à droite). Ceci permet d'acheminer les granules à partir d'un contenant à fond plat. (Photo : Biothermic)

## **|4. SYSTÈMES DE COMBUSTION DE BIOTHERMIE**

Les systèmes de combustion de biothermie sont des systèmes mécaniques de haute technologie ayant de nombreuses similitudes en matière d'efficacité, de rendement et d'émissions avec les systèmes de chauffage électriques ou aux combustibles fossiles modernes. La technologie d'un système de combustion de biothermie est bien établie et son expansion se poursuit partout dans le monde et en Ontario. Cette technologie est populaire en Europe et dans le nord des États-Unis, et a été largement implantée dans l'ensemble du Canada. En plus des nombreux poêles à bois, on comptait au Canada à la fin de 2017 environ 400 installations d'une puissance thermique variant entre 50 kW et 5 MW en service dans les secteurs commerciaux, institutionnels et agricoles (comme les serres). La plupart de ces installations avaient une puissance

thermique inférieure à 1 MW. Les granules de bois et les copeaux de bois sont les biocombustibles le plus couramment utilisés. Environ 10 p. 100 de ces installations se trouvent en Ontario. Les projets de biothermie ont été mis en œuvre avec succès dans toutes les industries. Les installations institutionnelles en constituent la majeure partie (S. Madrali, communication personnelle, 7 janvier 2017).

Dans cette section, on décrit chaque système de combustion dont il est question dans ce guide. Le tableau 2 donne un résumé de l'utilisation type de chaque système de combustion et des coûts estimés. Ces coûts sont des estimations et ne devraient pas être utilisés à des fins de planification. Le tableau 3 indique les types de combustibles qui peuvent être utilisés avec chaque type de système de combustion.

Tableau 2. Divers dispositifs de combustion et types de combustibles associés, avec les coûts d'installation et la consommation annuelle approximative de biocombustible<sup>a</sup>

Dispositif et consommation annuelle de combustible	Coût d'installation <sup>b</sup>	Plage d'efficacité nominale <sup>c</sup>
Poêle au bois de chauffage	750 \$ à 7 500 \$	58 % à 87 % <sup>d</sup>
Poêle aux granules de bois	1 750 \$ à 7 500 \$	
Générateur d'air chaud au bois de chauffage	3 000 \$ à 11 000 \$	33 % à 79 %
Générateur d'air chaud aux granules de bois	6 500 \$ à 13 000 \$	48 % à 89 %
Chaudière au bois de chauffage	Le double du coût d'un système au combustible fossile <sup>e</sup>	60 % à 83 %
Chaudière aux granules de bois		85 % à 90 %
Chaudière aux copeaux de bois		85 % à 90 %

Résidentiel  
(2,7 à 12 tonnes par année)

Institutionnel  
(18 à 225 tonnes par année)

Grandes institutions  
et chauffage  
centralisé (>1 000  
tonnes par année)

<sup>a</sup> Adapté de Becker et coll. (2014) et de conversations avec des fabricants et des fournisseurs.

<sup>b</sup> D'après des conversations avec des fabricants et des fournisseurs.

<sup>c</sup> Tiré de USEPA 2018a, 2018 b, 2018c. Mesure de l'efficacité des poêles d'après l'Association canadienne de normalisation (CSA) B415.1; tous les autres d'après le PCS. L'efficacité des chaudières prend uniquement en considération les systèmes munis de cuves tampon.

<sup>d</sup> Les données ne permettaient pas de faire de distinction entre les poêles au bois de chauffage et aux granules de bois.

<sup>e</sup> Les systèmes de chaudières varient considérablement quant à la taille et au coût selon des facteurs propres aux sites. Il n'est donc pas utile d'indiquer une plage de coûts.

Tableau 3. Combustibles utilisés avec chaque type de système de combustion<sup>a</sup>

Système de combustion	Combustibles utilisés	Application
Poêle	Bois de chauffage, briquettes, granules	Résidentiel (10 kW à 50 kW)
Générateur d'air chaud	Bois de chauffage, briquettes, granules	Résidentiel, commercial et institutionnel (30 kW à 500 kW)
Chaudière	Bois de chauffage, briquettes, granules, copeaux de bois	Résidentiel, commercial, institutionnel et petite installation de chauffage centralisé (15 kW à 1 MW)

<sup>a</sup> Les systèmes de combustion individuels sont habituellement conçus de manière à utiliser un seul type de combustible. Par exemple, un poêle peut brûler du bois de chauffage ou des granules de bois, mais pas les deux.

## Poêles

Les poêles à bois (figure 11) sont les appareils de chauffage les plus couramment utilisés pour chauffer des pièces individuelles ou des maisons unifamiliales. Ils peuvent être conçus afin d'utiliser du bois de chauffage et des bûchettes de bois ou des granules de bois. Traditionnellement, les poêles étaient peu efficaces (<55 p. 100), offraient peu ou pas de contrôle et avaient des émissions élevées, mais des améliorations importantes ont été apportées aux modèles plus récents. Lorsque les poêles sont la principale source de chaleur, un système de chauffage d'appoint ou supplémentaire est souvent nécessaire. Ils nécessitent peu de travail, soit le chargement du bois de chauffage ou des bûchettes de bois dans le poêle pour les poêles à bois, ou le chargement des granules dans la trémie du poêle pour les poêles aux granules. Pour les deux systèmes, le bac à cendres doit être vidé chaque semaine. La cheminée des poêles à bois devrait être nettoyée périodiquement

afin d'enlever la créosote; elle devrait également être inspectée afin de détecter les défauts. Les poêles aux granules nécessitent un certain nettoyage périodique qui n'est pas nécessaire pour les poêles à bois. Les fabricants de poêles donnent des recommandations concernant le nettoyage et la sécurité de leurs produits. Des systèmes propres fonctionneront de façon sûre et efficace, et dureront plus longtemps.

Les poêles présentent certains avantages importants par rapport aux autres systèmes de combustion, notamment la facilité de fonctionnement, un faible coût initial pour l'achat et l'installation et la capacité pour les utilisateurs de produire leur propre combustible s'ils utilisent du bois de chauffage et ont accès à une terre à bois privée ou peuvent récolter du bois dans les forêts de la Couronne en se procurant un permis.

Les poêles à bois sont généralement (mais pas toujours) ceux qui sont les moins efficaces parmi tous les systèmes de combustion de bois, mais ils peuvent

Figure 11. Un poêle à granules de bois résidentiel. Des sacs partiels de granules sont stockés dans le panier (à gauche) jusqu'à ce qu'on en ait besoin. Ce poêle fournit de la chaleur durant toute l'année pour cette maison de dimensions typiques, consommant environ 200 sacs de granules (3,6 tonnes). (Photo : Innovations Initiatives Ontario North)





Figure 12. Les granules sont chargés dans la trémie du poêle à granules, comme illustré. Un système de commande achemine ensuite automatiquement les granules dans la chambre de combustion du poêle, au besoin. (Photo : Innovations Initiatives Ontario North)

fonctionner sans électricité et sont donc à l'abri des pannes de courant. Les poêles à granules de bois offrent généralement un meilleur contrôle et une meilleure efficacité que les poêles à bois, mais ils ont besoin d'électricité pour fonctionner. Des systèmes à batterie de secours sont disponibles en cas de pannes d'électricité. Les granules de bois sont chargés dans une trémie à l'arrière du poêle (figure 12) chaque jour ou aux deux jours, puis sont automatiquement acheminés dans le poêle. L'utilisateur ne charge pas les granules directement dans la chambre de combustion.

### Générateurs d'air chaud

Les générateurs d'air chaud (figures 13 et 14) peuvent être utilisés pour chauffer de petits espaces, comme des maisons unifamiliales ou des petits bâtiments commerciaux ou institutionnels. Ils peuvent être conçus afin d'utiliser du bois de chauffage et des briquettes ou des granules. Ils ressemblent et fonctionnent de manière semblable aux générateurs d'air chaud aux combustibles fossiles et



Figure 13. Générateur d'air chaud aux granules de bois avec stockage des granules à l'intérieur. (Photo : SBI)



Figure 14. Générateur d'air chaud au bois de chauffage avec système d'appoint électrique et stockage du bois à l'intérieur.



Figure 15. Les thermostats modernes contrôlent les systèmes de combustion. (Photo : SBI)

sont installés au même endroit, comme dans la pièce de service au sous-sol. Les générateurs d'air chaud utilisent un système avec ventilateur et conduits afin de faire circuler l'air chaud dans la maison et sont commandés à l'aide d'un thermostat central (figure 15).



Les nouveaux modèles sont dotés de commandes afin de réguler la combustion, la température, le débit d'air et l'admission des granules (pour les générateurs d'air chaud aux granules). Ces commandes permettent de réduire les émissions, d'améliorer l'efficacité de la combustion et de diminuer la consommation de combustible. Un système de chauffage d'appoint est habituellement nécessaire lorsqu'on utilise un générateur d'air chaud; les appareils peuvent être achetés avec un système d'appoint intégré électrique ou au propane. Les générateurs d'air chaud au bois de chauffage sont conçus afin de fonctionner avec des commandes électroniques et un ventilateur de conduits, mais ils peuvent aussi fonctionner sans électricité (avec un rendement moindre) en cas de panne de courant.

Ils nécessitent peu de travail et cela englobe le nettoyage du bac à cendres et le chargement du bois de chauffage ou des briquettes de bois dans le générateur d'air chaud. La manutention du combustible peut être grandement automatisée pour les générateurs d'air chaud aux granules de bois. Les utilisateurs peuvent choisir de charger chaque jour les granules dans une trémie à l'arrière du générateur d'air chaud ou utiliser un bac de collecte plus gros qui charge automatiquement la trémie (figures 9 et 13). La cheminée devrait être nettoyée périodiquement afin d'enlever la créosote et elle devrait être inspectée afin de détecter les défauts. Les fabricants de générateurs d'air

chaud donnent des recommandations concernant le nettoyage et la sécurité de leurs produits. Des systèmes propres fonctionneront de façon sûre et efficace, et dureront plus longtemps.



Figure 16. Chaudière au bois de chauffage de 30 kW utilisée pour fournir de la chaleur à une maison ou à un petit immeuble de bureaux. On voit à droite le réservoir de stockage de l'eau chaude (2 250 L) servant à stocker l'énergie et à accroître l'efficacité du système. (Photo : Biothermic)

## Chaudières

Les chaudières peuvent servir pour le chauffage des locaux et de l'eau chaude domestique, éliminant ainsi la nécessité d'avoir un deuxième système pour le chauffage de l'eau domestique. Pour le chauffage des locaux, on peut facilement les intégrer à un système existant de distribution de chaleur à l'eau chaude (circuit du système de chauffage à eau chaude) ou à un système qui utilise des conduits et des ventilateurs. Elles peuvent être conçues de manière à utiliser du bois de chauffage, des copeaux de bois, des briquettes ou des granules. Elles peuvent consister en des systèmes plus petits (figure 16), servant à répondre aux besoins des maisons et de petits immeubles à bureaux, ou en des systèmes plus gros afin de répondre aux besoins de grands bâtiments



Figure 17. Chaudières aux copeaux de bois installées au Confederation College. Chaque chaudière peut donner une production d'électricité de base de 500 kW. Ces chaudières répondent à 85 % des besoins de chauffage des locaux de l'installation de 400 000 pi<sup>2</sup>. (Photo : Biothermic)



Figure 18. Système de chaudière aux granules en conteneur avec un silo agricole pour le stockage des granules qui est utilisé pour chauffer une école. Ce type de système en conteneur peut servir pour les systèmes de chaudières au bois de chauffage, aux copeaux de bois ou aux granules.

institutionnels (figure 17) ou des systèmes de chauffage centralisé. Elles ont des dispositifs de commande hautement sophistiqués et sont d'une grande efficacité. Elles peuvent être installées à l'intérieur (salle de service, remise ou chaufferie) ou peuvent être achetées sous forme d'unité assemblée dans un conteneur (figures 18 et 19). Un système d'appoint peut être nécessaire pour le chauffage de pointe lors des journées les plus froides ou lorsqu'il n'y a personne

pour charger le système. Le système d'appoint consiste souvent en un chauffe-eau ou une chaudière à eau chaude.

Les modèles à rendement élevé sont dotés de commandes évoluées (figure 20) et de cuves tampon additionnelles pour l'eau chaude afin d'aider à réguler la production de chaleur (figures 16, 19 et 21). Il est important de faire la distinction entre les cuves tampon et les réservoirs d'eau chaude domestique. Les cuves tampon consistent en des unités de stockage de la chaleur et fournissent la chaleur au système de distribution (échangeurs de chaleur, conduits d'air ou canalisations d'eau chaude) sous forme d'eau chaude. L'eau dans les cuves tampon est distribuée dans les canalisations afin de fournir de la chaleur, mais n'est pas utilisée comme eau potable. Les réservoirs d'eau chaude domestique obtiennent leur chaleur (mais pas l'eau) de la cuve tampon par des échangeurs de chaleur sans contact et fournissent l'eau chaude destinée à la consommation.

Le stockage de chaleur additionnel dans les cuves tampon peut être avantageux, car cela permet à la chaudière de fonctionner en ayant une production de 100 p. 100 chaque fois qu'elle est en fonction, augmentant ainsi considérablement l'efficacité et réduisant la consommation de combustible. Pour les gros systèmes, le système de distribution par canalisation d'eau chaude peut servir de système de stockage de l'eau chaude. La grosseur et la température du réservoir varient selon l'application et le combustible utilisé, et doivent être déterminées au

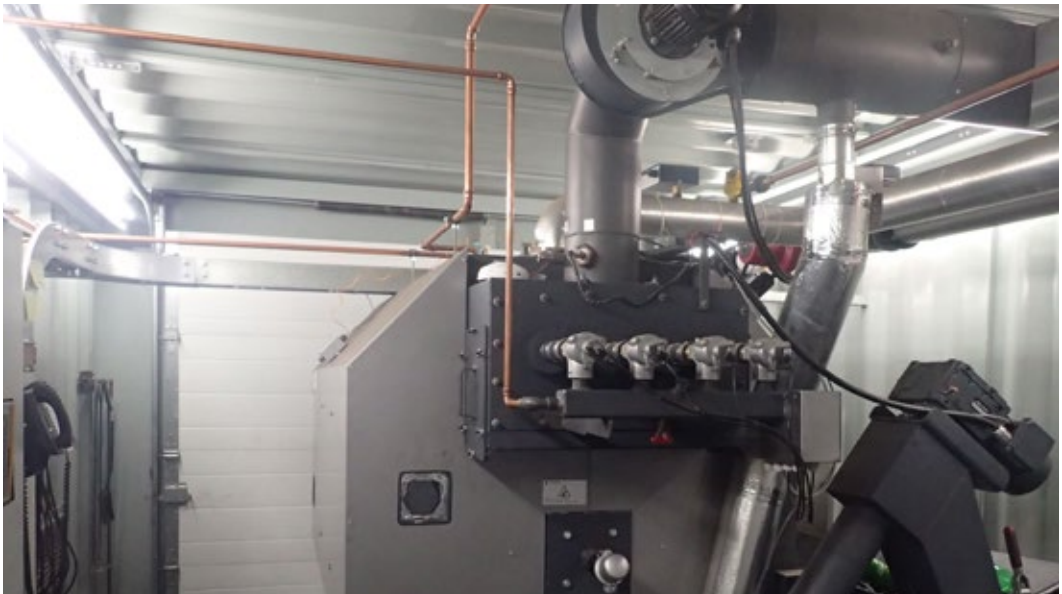


Figure 19. Chaudière à granules utilisée pour le chauffage d'une école élémentaire. Même ces plus gros systèmes ont recours au stockage d'eau chaude afin d'accroître l'efficacité et de réguler la production de chaleur. Les systèmes d'enlèvement des cendres des plus gros systèmes de combustion transfèrent automatiquement les cendres de la chaudière à un bac. Cette chaudière aux granules de bois transfère les cendres dans un bac à déchets sur roues (à droite) afin d'enlever les cendres proprement et facilement. Les utilisateurs n'ont qu'à faire rouler le bac à cendres plus loin et à le vider. Ce type de système d'enlèvement des cendres serait caractéristique des systèmes utilisés pour les locaux commerciaux ou institutionnels plus grands.

cas par cas. La température dans les cuves tampon est fonction des besoins des autres composants du système de chauffage (p. ex., besoins de température pour l'eau chaude domestique ou le chauffage des locaux).

Les exigences concernant l'entretien varient selon le type de combustible et la taille du système. Pour les systèmes plus petits au bois de chauffage (résidentiels et petits bâtiments commerciaux/institutionnels), il faut enlever les cendres et nettoyer à chaque semaine, soit une tâche qui prend de cinq à dix minutes (figure 22). Les plus petits systèmes à granules (résidentiels et petits bâtiments commerciaux/institutionnels) peuvent fonctionner d'un à deux

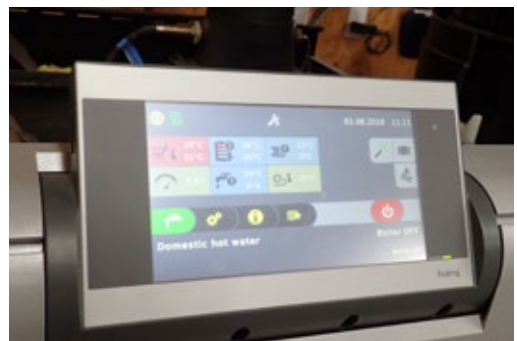


Figure 20. Les systèmes de combustion peuvent être dotés de commandes perfectionnées qui gèrent le programme et le seuil de température des bâtiments et de l'eau chaude domestique, en plus du système de combustion lui-même. Ces systèmes de commande assurent une combustion propre et efficace, surveillent le niveau du combustible et commandent les systèmes d'acheminement du combustible. Il s'agit ici d'un système de commande pour une chaudière à granules, mais on aurait un système semblable pour les autres types de chaudières.

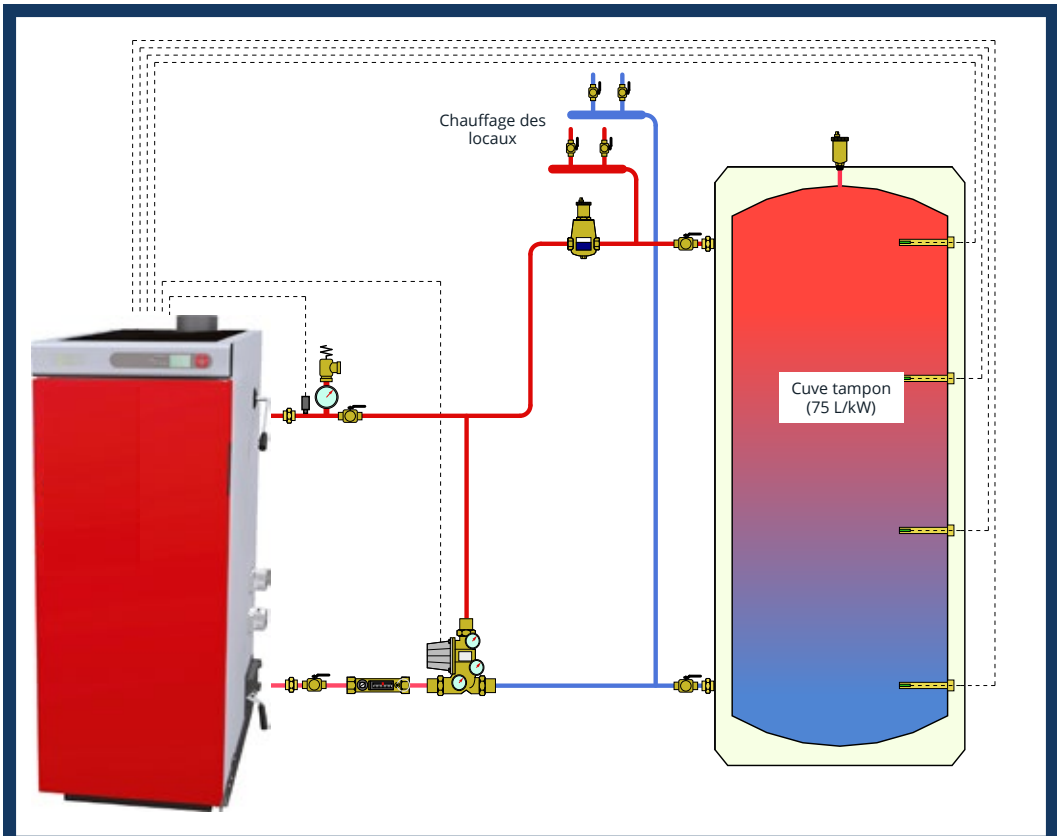


Figure 21. Diagramme général montrant comment est configuré un système de chaudière. Le dispositif de combustion (à gauche) chauffe l'eau stockée dans un réservoir (à droite). Le réservoir alimente ensuite en eau chaude le système de chauffage des locaux et d'eau chaude domestique du bâtiment. Pour certains systèmes plus gros, les canalisations de distribution peuvent servir de réservoir de stockage. Pour tous les types de combustibles, les systèmes de chaudières doivent avoir un certain moyen de stocker l'eau chaude afin d'assurer un fonctionnement efficace. Les lignes rouges et bleues indiquent la circulation de l'eau chaude et l'eau de retour froide, respectivement. Les lignes pointillées représentent les signaux électroniques provenant des capteurs de température qui fournissent l'information au système de commande de la chaudière afin qu'il puisse gérer efficacement la combustion. (Photo : Biothermic)

mois sans nécessiter de nettoyage et d'enlèvement des cendres. Les systèmes commerciaux ou institutionnels de plus gros bâtiments nécessitent un nettoyage mensuel et ont des systèmes automatiques d'enlèvement des cendres qu'on n'a à vider que quelques fois au cours de l'année (figure 19). Certains systèmes sont munis d'une fonction d'alarme qui prévient les utilisateurs que le bac à cendres doit être vidé. Les

cheminées devraient être nettoyées périodiquement afin d'enlever la créosote et elles devraient être inspectées afin de détecter les défauts. Les fabricants de chaudières donnent des recommandations concernant le nettoyage et la sécurité de leurs produits. Des systèmes propres fonctionneront de façon sûre et efficace, et dureront plus longtemps.

Seules les chaudières destinées à l'installation à l'intérieur (y compris les remises et les systèmes de conteneur) avec cuve tampon distincte sont recommandées. Les chaudières extérieures (qui utilisent souvent du bois de chauffage) sont peu efficaces (20 à 30 p. 100), produisent des émissions élevées et consomment de grandes quantités de combustible (Burkhard & Russell, 2012). Elles ne sont donc pas recommandées.

Figure 22. Les systèmes d'enlèvement des cendres des systèmes de combustion sont faciles d'utilisation. Le système d'enlèvement des cendres de cette chaudière au bois de chauffage utilise une pelle conçue sur mesure afin d'enlever facilement et proprement les cendres. Ce type de système serait caractéristique des petits systèmes utilisés pour les maisons et les plus petits bâtiments institutionnels et commerciaux. (Photo : Biothermic)



## **5. FACTEURS IMPORTANTS À PRENDRE EN CONSIDÉRATION LORS DU CHOIX DE LA BIOTHERMIE**

Il y a de nombreux facteurs importants à considérer lorsqu'on songe à un système de chauffage à la biomasse forestière et il faut répondre à certaines questions dès le début du projet (Neave, 2013). Certains de ces facteurs ne s'appliquent pas aux systèmes de biothermie résidentiels.

### **Qui sera le responsable du projet?**

Un facteur commun à la réussite des projets communautaires de biothermie est le fait d'avoir un responsable-gestionnaire. Cette personne ou organisation s'occupera de l'ensemble du projet, allant de la planification initiale jusqu'à la mobilisation de la communauté, en passant par l'installation et l'exploitation. Sans responsable, les projets échouent systématiquement.

### **Quels sont les objectifs du projet?**

Des valeurs et des objectifs clairs contribuent à orienter le projet, à rappeler aux organisateurs pourquoi le projet est important et à communiquer à la communauté pourquoi le projet est mis de l'avant. Les objectifs courants englobent :

- des coûts de chauffage bas et stables;
- le développement de l'énergie renouvelable;
- des emplois locaux;
- l'indépendance énergétique;
- la collaboration de la communauté.

**Quels sont les avantages d'utiliser des biocombustibles plutôt que d'autres sources de combustibles?** Dans certains cas, le coût direct du biocombustible sera plus bas que celui des combustibles fossiles ou de l'électricité. Dans d'autres cas, ce sera plus dispendieux. Cependant, la biothermie procure de nombreux avantages additionnels que ne peuvent offrir les combustibles fossiles ou l'électricité. Ces avantages, dont il est question à la Section 2, devraient être pris en considération lorsqu'on prend la décision de mettre en œuvre un projet de biothermie.

### **Comment communiquer les avantages à la communauté et de quelle façon la communauté participera-t-elle?**

Il faudrait dès le début du processus aborder les méprises courantes à propos de la biothermie, incluant les effets environnementaux, les effets sur la santé, les coûts, ce qu'englobe un système de combustion moderne, et ce, en communiquant régulièrement les avantages à la communauté et en la mobilisant dès le début.

### **Y a-t-il des compétences, des ressources et de la main-d'œuvre à l'échelle locale en vue de planifier, de construire et d'exploiter un système de biothermie?**

Les systèmes de biothermie nécessitent un ou plusieurs opérateurs afin de gérer le combustible et de faire fonctionner le système. Il faudra faire appel à des corps de métier locaux pour la construction, ainsi que pour l'entretien et les réparations périodiques. Cela peut poser des défis dans les régions éloignées où ces compétences ne sont pas disponibles localement.

**Y a-t-il quelqu'un prêt à s'occuper du travail requis quotidiennement pour faire fonctionner le système?** Selon le type de système mis en place, les besoins en main-d'œuvre varieront, mais les systèmes de biothermie demandent généralement plus de travail que les systèmes aux combustibles fossiles. Les systèmes d'alimentation en copeaux de bois ou en granules de bois peuvent être grandement automatisés et demandent relativement peu de main-d'œuvre, tandis que pour les systèmes au bois de chauffage, il faut y charger du bois plusieurs fois par jour. Tous les systèmes de combustion doivent être périodiquement nettoyés et les cendres doivent être enlevées afin d'assurer un fonctionnement sûr et efficace.

**Qui sont les partenaires du projet et quelle sera la structure de gouvernance?** L'établissement des partenaires du projet et de la relation entre eux contribuera à améliorer les processus décisionnels et la réussite du projet.

**Y a-t-il une source locale fiable d'approvisionnement en biocombustible, et combien cela coûte-t-il?** Pour la viabilité d'un projet, il est essentiel d'avoir une source d'approvisionnement locale fiable en biocombustible. Faute d'une source de biocombustible de qualité élevée et fiable, le projet échouera à long terme.

Divers facteurs ont des incidences sur la fiabilité de l'approvisionnement en biocombustible, comme de la main-d'œuvre locale, la viabilité de la production de biocombustible, des ressources forestières locales, l'ouverture et la fermeture d'usines et les politiques gouvernementales.

**Comment le projet sera-t-il financé?** Il y a diverses façons d'obtenir des fonds pour les projets de biothermie, y compris du financement, des subventions gouvernementales et des contrats de service. Les sources de financement peuvent avoir des incidences ou être déterminantes pour des facteurs importants du projet comme les sources de combustibles qui sont acceptables, les technologies qui peuvent être utilisées ou la structure de gouvernance qui fonctionne le mieux.

**Quels types d'autorisations gouvernementales sont nécessaires?** Selon le type d'installation envisagée, le système de combustion choisi, sa production thermique et le ou les types de biocombustibles utilisés, il faudrait consulter le Code du bâtiment de l'Ontario et déterminer quelles sont les exigences en matière de permis imposées par le ministère de l'Environnement, de la Protection de la nature et des Parcs.

## **6. COMPARAISON ENTRE DES INSTALLATIONS DE BIOTHERMIE NEUVES ET DES INSTALLATIONS RÉNOVÉES**

La décision de chauffer avec du bois prise dès l'étape de la conception des nouveaux bâtiments permet d'assurer la réussite du projet et de s'assurer que tous les systèmes mécaniques sont conçus adéquatement. Lorsqu'on adapte un système de biothermie à un bâtiment existant, l'intégration au système de distribution de chaleur en place peut varier du simple et relativement peu coûteux, au complexe et dispendieux.

Il est relativement facile de raccorder les systèmes de biothermie aux systèmes de chauffage central qui chauffent l'air ou l'eau. Pour les systèmes à eau chaude, on remplacera simplement la chaudière en place par une chaudière aux biocombustibles. Pour les systèmes à air pulsé, on installe habituellement une chaudière aux biocombustibles (plutôt qu'un générateur d'air chaud), et un serpentin de chauffage est installé dans le système de conduits afin de chauffer l'air. Un ingénieur en mécanique ou un entrepreneur peut aider à déterminer les possibilités en matière de modernisation.

Si le système actuel se compose de radiateurs électriques ou d'un système aux combustibles fossiles avec plusieurs aérothermes répartis dans le bâtiment et que la combustion qui se fait aux aérothermes, les rénovations sont alors beaucoup plus complexes et coûteuses. Dans ce cas, on installerait fort probablement une chaudière aux biocombustibles, et des canalisations d'eau chaude et des radiateurs seraient alors installés dans l'ensemble du bâtiment. Il s'agit habituellement d'une option techniquement réalisable, mais qui peut être coûteuse.

Dans de nombreux cas, il pourrait ne pas y avoir suffisamment d'espace pour installer une nouvelle chaudière aux biocombustibles dans la chaufferie existante, en particulier lorsqu'on conserve l'ancien système comme système d'appoint. Dans ces cas, on pourrait construire un nouveau bâtiment ou installer un système en conteneur (figure 18) afin d'héberger le système de biothermie.



## | 7. PROJETS DE BIOTHERMIE RÉSIDENTIELS


Dans une maison unifamiliale, le chauffage au bois peut fournir de la chaleur ambiante à une seule pièce ou à toute la maison. Les options en matière de systèmes de combustion sont les poêles à bois, les générateurs d'air chaud et les chaudières. Les systèmes de combustion résidentiels utilisent habituellement du bois de chauffage, des briquettes ou des granules. Les promoteurs qui s'intéressent au chauffage des immeubles à logements multiples devraient consulter la Section 8, « Projets institutionnels et commerciaux de biothermie ».

### Habitations écoénergétiques

Lorsqu'une maison est bien étanche et bien isolée, on utilise moins de combustible pour le chauffage. La

plupart des maisons, en particulier les plus anciennes, sont mal isolées et peu étanches comparativement aux maisons écoénergétiques modernes. De simples rénovations peuvent aider à réduire les charges thermiques et les coûts en combustible, tout en améliorant le confort. Les rénovations courantes comprennent l'ajout d'isolant dans le grenier et les murs, le remplacement des vieilles portes et fenêtres par des modèles écoénergétiques, l'installation d'un thermostat programmable et le calfeutrage des fuites d'air.

Pour de plus amples renseignements sur les façons d'améliorer l'efficacité énergétique de la maison, visiter le site Web de la Société canadienne d'hypothèques et de logement afin de consulter leurs fiches de renseignements sur [l'efficacité énergétique](#) et les



**LORSQU'UNE  
MAISON EST  
BIEN ÉTANCHE ET  
BIEN ISOLÉE,  
ON UTILISE  
MOINS DE  
COMBUSTIBLE POUR  
LE CHAUFFAGE.**

économies. Les entrepreneurs ou les conseillers en améliorations énergétiques résidentielles peuvent également déterminer les coûts et les économies d'énergie estimées associés aux améliorations écoénergétiques résidentielles.

## Étapes de planification

Les étapes générales nécessaires pour planifier et installer un système de combustion résidentiel sont décrites ci-dessous. Pour avoir plus de détails sur les poêles à bois ou aux granules résidentiels, consulter *Le guide du chauffage résidentiel* de la Société canadienne d'hypothèques et de logement (2002).

### **Déterminer le type de système de combustion à installer : poêle à bois, générateur d'air pulsé ou chaudière.**

Pour chaque système de combustion, les coûts en capital, les coûts d'exploitation et les besoins de main-d'œuvre diffèrent. Les détails sur les systèmes de combustion sont donnés à la Section 4. L'installation d'un système de combustion dans une maison existante impose plus de contraintes que l'installation dans une nouvelle construction. Consulter la Section 6 pour avoir de plus amples renseignements sur l'installation d'un système de combustion dans une maison neuve ou existante.

### **Déterminer la source de combustible souhaitée.**

Le type de système de combustion déterminera le type de combustible. La disponibilité du combustible et les besoins en main-d'œuvre pour le chargement du combustible dans le système doivent être

pris en considération. Par exemple, le bois de chauffage pourrait être plus facilement disponible que les granules dans une communauté donnée, mais les besoins de main-d'œuvre pour le chargement du bois de chauffage dans la chaudière sont plus élevés que pour le chargement des systèmes à granules, qui est automatisé pour la plupart de ces systèmes.

### **Demander des soumissions et vérifier la réglementation.**

Faites des recherches sur les estimations de coûts sur les lieux et demandez des évaluations d'installations auprès de détaillants ou d'entrepreneurs réputés. Ils seront en mesure de donner de l'information sur une installation adéquate et sur la réglementation, et ils pourront répondre aux questions concernant l'approvisionnement local en combustible et les appareils de chauffage. Demandez des références d'anciens clients et demandez-leur leur avis sur le système qu'ils ont choisi, le combustible qu'ils utilisent et la qualité du service de l'entrepreneur.

**Choisir la bonne assurance.** Un système de biothermie est fiable et assurable. Il y a en Ontario des sociétés d'assurances qui assurent les systèmes de biothermie; un entrepreneur peut aider à trouver ces sociétés.

### **Choisir un entrepreneur pour installer le système.**

Choisir un entrepreneur en fonction de la qualité des travaux réalisés auparavant, des commentaires reçus et des coûts du système.

## Réglementation applicable

Le principal règlement qui s'applique pour les utilisateurs résidentiels est le [Code du bâtiment de l'Ontario](#) (Règl. de l'Ont. 332/12). Les exigences du code du bâtiment pour les systèmes de combustion peuvent varier selon l'endroit. Le fonctionnement et les installations doivent respecter les exigences du code du bâtiment et les propriétaires doivent savoir qui est responsable du code du bâtiment dans leur région. Un permis de construction pourrait être exigé. Les utilisateurs résidentiels peuvent obtenir plus d'information sur les exigences du code du bâtiment auprès de leur service municipal des bâtiments.

Une exigence courante des municipalités ou des sociétés d'assurance est l'inspection du système par un professionnel qualifié. La municipalité ou la société d'assurances précisera le type de professionnel, les qualifications que ce professionnel doit avoir et ce qui doit être compris dans l'inspection.

Les installations résidentielles ne sont pas soumises aux exigences de conformité et de surveillance environnementales pour les bâtiments ou structures conçus pour au plus trois familles.

## 8. PROJETS INSTITUTIONNELS ET COMMERCIAUX DE BIOTHERMIE

Cette section fournit des instructions pour les projets de biothermie institutionnels et commerciaux. Il y est question des principales étapes de planification, de mobilisation de la communauté, des enjeux de l'approvisionnement en combustible, du choix d'une technologie et de l'établissement des dimensions d'un système.

### Planification du projet

#### Vérification de la consommation d'énergie d'un bâtiment

Avant de choisir et de dimensionner un système de biothermie, il est important d'évaluer la façon dont le bâtiment consomme l'énergie et la chaleur. Un bâtiment écoénergétique consomme moins d'énergie. Si les besoins en chauffage pour les locaux et l'eau chaude domestique sont moins importants, on peut installer un plus petit système de combustion, ce qui diminue les coûts d'immobilisations et de combustible et peut signifier des économies considérables. Une bonne façon de réduire les besoins en énergie consiste à réaliser d'abord une vérification énergétique du bâtiment.

La vérification énergétique est réalisée par un conseiller technique spécialisé dans la gestion d'énergie qui peut faire des recommandations afin de réduire la consommation d'énergie et les coûts. Au minimum, la vérification énergétique devrait inclure une visite des lieux par ce conseiller et une analyse de la facture d'énergie, dans le but de déterminer la consommation et les coûts actuels pour l'énergie, ainsi qu'une



liste de recommandations, notamment les coûts estimés, les avantages et tous les programmes de financement applicables afin d'aider à réduire les coûts. Pour les immeubles plus importants, il pourrait être nécessaire d'installer temporairement un compteur d'énergie et de faire une modélisation de la consommation d'énergie du bâtiment. Le coût d'une vérification énergétique peut varier de quelques centaines de dollars pour les petits bâtiments (maisons, petits immeubles à bureaux) à des milliers de dollars pour les immeubles plus importants.

Les coûts d'une vérification de la consommation d'énergie sont relativement faibles par rapport aux possibilités d'économies ainsi repérées, en particulier pour des bâtiments de dimensions plus importantes. Les résultats de la vérification énergétique peuvent servir à établir de façon précise les dimensions d'un système de biothermie et à déterminer des possibilités de conversion des systèmes à la biothermie qui n'auraient peut-être pas été évidentes sans cela. La vérification énergétique est nettement avantageuse, et ce, même si le projet de biothermie n'est pas réalisé.

### Étapes de planification

Quatre grandes étapes de planification sont abordées dans ce guide afin d'aider les promoteurs à planifier un système de biothermie. Ces étapes sont de nature générale, et il faudra obtenir des conseils auprès de spécialistes externes et d'un responsable à l'interne afin d'assurer la réussite d'un projet de biothermie.

## 1. Désigner un responsable de projet, mobiliser la communauté et établir les objectifs

Afin de mettre en œuvre un projet de biothermie réussi, il faut désigner un responsable de projet (Neave, 2013) et mobiliser la communauté. Le responsable aidera à orienter le projet et à obtenir la collaboration de la communauté, et établira les objectifs du projet. La mobilisation permanente de la communauté augmentera les chances de réussite du projet et les avantages qu'en retirera la communauté. Il est question plus en détail de la mobilisation de la communauté à la page 40. Sans une personne-responsable engagée et un solide appui de la communauté, les projets échouent. Pour les projets de biothermie d'organisations privées, les exigences concernant la mobilisation de la communauté pourraient ne pas s'appliquer.

## 2. Réaliser une étude de pré faisabilité et un avant-projet

L'étude de pré faisabilité et l'avant-projet (les deux ensemble étant parfois appelés une étude de faisabilité) établissent la base technique du projet. Ces deux documents répondent à des questions techniques importantes et indiquent les processus et étapes précis nécessaires afin de mener le projet de l'étape du concept à celle de l'achèvement. Cette information sert à déterminer si le projet devrait aller de l'avant et, si oui, quel en serait le processus.

Une étude de pré faisabilité consiste habituellement en une étude documentaire afin d'étudier la viabilité financière d'un projet de biothermie. Elle détermine si un système de biothermie

est théoriquement réalisable. Pour ce faire, on peut utiliser une calculatrice en ligne, comme le *Wood Energy Financial Calculator* (Biomass Thermal Energy Council, 2018), FPJoule (FPIInnovations, 2018) ou RETScreen (Ressources naturelles Canada, 2018 b), afin de déterminer la consommation de combustible et les coûts associés (voir la Section 13.7 pour des liens aux calculatrices). Plusieurs types de biocombustibles et de technologies de combustion peuvent être évalués afin de classer les options possibles. Pour cette étape, il faudrait avoir certaines connaissances préalables sur les systèmes de biothermie et avoir fait des recherches rapides sur le coût des biocombustibles et des systèmes de combustion. Un conseiller externe pourrait être embauché pour une somme modique afin de réaliser cette tâche. L'étude de préfaisabilité devrait donner l'information suivante :

- la justification de base pour le système;
- les objectifs prévus du projet;
- le ou les emplacements possibles pour l'installation;
- le classement des types de combustibles;
- les possibles fournisseurs de combustible et la qualité du combustible (pour les copeaux et les granules);
- les coûts approximatifs du combustible livré;
- le type de système de combustion, le système de stockage du combustible qui sera utilisé et les possibles fournisseurs;
- le coût approximatif d'installation des systèmes envisagés;

- la stratégie de mobilisation de la communauté (de base);
- les coûts approximatifs et les avantages (sociaux, économiques, environnementaux);
- les possibles obstacles;
- les lacunes en matière d'information;
- les étapes suivantes.

Si le projet semble théoriquement réalisable, l'étude de préfaisabilité peut être étendue à un avant-projet. Dans ce plan, on (Neave, 2013) :

- établit la disponibilité et la qualité du biocombustible;
- estime les dimensions du système;
- indique un emplacement pour le système de biothermie;
- recommande un type de système de combustion et un système de manutention et de stockage du combustible;
- détermine de quelle façon le système de combustion de biothermie sera intégré à l'infrastructure de chauffage existante;
- évalue la capacité de la communauté;
- estime les coûts d'immobilisations et opérationnels, et les économies;
- indique les options et montants de financement;
- fait des recherches sur les exigences réglementaires applicables;
- indique les étapes suivantes.

L'étude de préfaisabilité et l'avant-projet sont importants, car ils servent de base pour la prise de décisions futures.

À cette étape, les membres de la communauté peuvent contribuer de façon significative et évaluer le projet

par rapport aux objectifs prédéterminés. L'avant-projet peut être utile pour aider à obtenir du financement et montre aux éventuels bailleurs de fonds que le projet repose sur une base solide (Cold Climate Housing Research Center, 2017). Il faut avoir un conseiller technique expérimenté ou un professionnel de ce type afin d'aider à réaliser cet avant-projet. En vue du fonctionnement fiable et de la réussite d'un projet de biothermie, il est essentiel d'établir une liste de fournisseurs fiables de combustible, de comprendre les qualités de combustibles qui sont disponibles et de choisir la technologie de combustion adéquate selon les qualités de combustibles.

### **3. Élaborer un plan d'affaires et évaluer les coûts en détail**

Dans le plan d'affaires, on évalue en détail les coûts et les avantages du projet, y compris les incidences des exigences réglementaires (Neave, 2013). Le plan d'affaires devrait inclure une analyse des coûts du cycle de vie du projet. Les coûts de conception et d'installation, de main-d'œuvre, d'achat et de livraison du combustible, de manutention du combustible, d'entretien et de réparation devraient être déterminés. Il est important d'établir plusieurs scénarios ou analyses de sensibilité selon diverses conditions. Pour ces scénarios, on peut utiliser divers prix du combustible, coûts de la technologie, options de financement et taux pour la main-d'œuvre. Cette information indique aux planificateurs du projet dans quelles conditions le projet est viable ou non, et aide à connaître les possibles risques, comme les fluctuations

de coûts du combustible (Community Energy Association, 2014). Selon la complexité du projet et les compétences disponibles dans la communauté, cette étape nécessitera probablement l'aide d'un professionnel ayant de l'expérience dans les infrastructures énergétiques communautaires. Les principaux coûts englobent (Biomass Energy Resource Center, 2007) :

- l'achat et l'installation du système, incluant la cheminée et le raccordement au système de chauffage existant (le cas échéant);
- le système de stockage et de manutention du combustible, avec son installation;
- la construction d'un endroit pour y installer la chaudière;
- les coûts sur le site, comme une entrée pour la livraison;
- les permis d'émissions et le matériel de contrôle et de surveillance, le cas échéant;
- les honoraires (p. ex., études de faisabilité et d'ingénierie, conseillers et gestionnaires de projet externes);
- l'exploitation et l'entretien.

### **4. Élaborer un plan de mise en œuvre et d'exploitation**

Le plan de mise en œuvre permet aux ingénieurs des communautés de concevoir, de se procurer, de construire et de commencer à faire fonctionner le système de biothermie. Le plan de mise en œuvre peut inclure un échéancier et un ensemble de responsabilités confiées à diverses parties. Il peut indiquer les éventuelles lacunes que comporte encore le processus et fournir des pistes de solution avant que

cela ne devienne un problème. Le plan d'exploitation donne une orientation sur le fonctionnement du système au jour le jour, et pourrait simplement indiquer les diverses tâches et les parties qui en sont responsables, ainsi qu'à préparer un modèle simple de registre des activités. Pour les projets de plus grande envergure, ce plan pourrait être plus élaboré et ainsi contenir les procédures opérationnelles normalisées pour le matériel, les procédures à suivre lorsque de l'entretien ou des réparations sont nécessaires, et les plans de mesures en cas d'urgence (Cold Climate Housing Research Center, 2017). Le plan de mise en œuvre devrait également inclure des dispositions strictes pour la mise en service du système et la formation des opérateurs. Un système qui fonctionne comme prévu et qui est exploité par des personnes compétentes durera plus longtemps, sera plus fiable et fonctionnera plus efficacement. Plusieurs professionnels peuvent être nécessaires pour cette étape, en particulier un ingénieur.

### Mobilisation de la communauté

L'appui et l'adhésion de la communauté locale peuvent être décisifs pour un projet de biothermie (Becker, Lowell, Bihn, Anderson, & Taff, 2014). La participation de la communauté devrait être obtenue dès le début et souvent, afin de s'assurer que leurs idées, leurs préoccupations et leurs attentes relativement au projet sont prises en compte dans les objectifs du projet, le processus de planification et pour le fonctionnement du système. Évaluez l'appui local à l'égard du projet, en prenant en considération toutes les parties

intéressées qui auraient un intérêt. Il faut consulter les représentants des bâtiments locaux et les règlements municipaux (le cas échéant). Si approprié, planifiez des réunions publiques et des séances d'information pendant tout le processus afin de solliciter les commentaires et d'obtenir l'adhésion (Cold Climate Housing Research Center, 2017).



La Community Energy Association (2014) suggère aux promoteurs de projets de réfléchir aux enjeux suivants pour mobiliser la population :

- les effets sur la qualité de l'air;
- les avantages pour la communauté;
- les risques et l'atténuation des risques;
- la vision municipale à long terme.

Il peut y avoir des idées fausses ou un manque de connaissances sur les projets de biothermie, comme les impacts environnementaux ou sur la qualité de l'air, les coûts pour les municipalités et les avantages pour la communauté (Community Energy Association, 2014). Une solution en vue d'atténuer plusieurs de ces enjeux pourrait être d'avoir une communication claire et de renseigner la population sur la façon dont on se penchera sur ces enjeux.



## Sources d'approvisionnement en biocombustible

L'approvisionnement en combustible peut au départ sembler la partie facile du projet, mais cela peut être plus complexe et poser plus de défis que prévu. En vue de la réussite à long terme, il est essentiel d'avoir d'abord un approvisionnement en biocombustible fiable et abordable, puis de choisir un système de combustion qui est conçu de manière à transformer et à brûler le combustible qui est disponible (Becker et coll., 2014). La qualité du biocombustible peut varier grandement selon la source et les méthodes de transformation. Il y a des fournisseurs de combustible de qualité élevée en Ontario, mais historiquement on s'est peu soucié dans la province des exigences en matière de qualité pour les systèmes de biothermie. Il est important d'avoir un combustible dont la qualité est bonne et uniforme afin que le fonctionnement soit fiable, propre et sûr. Les combustibles de mauvaise qualité ou contaminés et les combustibles dont la qualité varie peuvent endommager ou briser le matériel. Les fabricants de systèmes de combustion précisent le type et la qualité des biocombustibles que leurs systèmes peuvent utiliser.

Il faudra passer un contrat avec un fournisseur dans lequel on établit la teneur en humidité, les dimensions, la durabilité, les niveaux de contamination, la teneur en cendres et le calendrier de livraison du combustible qui sont acceptables. Il faut répondre à des questions importantes concernant l'approvisionnement en biocombustible avant de choisir un combustible, dont celles-ci :

- Quels biocombustibles peuvent être obtenus localement et combien coûtent-ils?
- Quel type de système de combustion peut consommer les biocombustibles disponibles localement, et quelles sont les exigences en matière de qualité, comme la teneur en humidité et la taille des particules?
- Y a-t-il un fournisseur local de biocombustible qui est pleinement conscient de l'importance de la qualité uniforme du combustible?
- Comment le biocombustible sera-t-il livré?
- Quelles sont les exigences de stockage?
- Le propriétaire du système devra-t-il transformer le biocombustible ou celui-ci sera-t-il livré par un fournisseur?
- Qui s'occupera de la manutention du biocombustible jusqu'au système de combustion, et combien de temps cette personne peut-elle consacrer à cette tâche?
- Les approvisionnements seront-ils touchés par des changements économiques comme la fermeture ou l'ouverture d'usines?

Il y a de nombreuses sources possibles de biocombustible local. Le bois de chauffage est facile à obtenir auprès de producteurs locaux. De nombreux producteurs font de la publicité en ligne et dans les petites annonces locales.

Les copeaux de bois sont produits par des opérations forestières traditionnelles et par des entreprises comme des entrepreneurs en exploitation forestière, des scieries, des services d'entretien d'arbres/de bois urbain,

des services de gestion de terrains boisés et des activités de recyclage de déchets ligneux. Ces activités visent principalement à répondre aux besoins des marchés industriels, comme les usines de pâtes et papiers et les usines de panneaux, de sorte que les approvisionnements peuvent déjà être réservés. Des grossistes peuvent également être utilisés, en particulier pour les plus grandes installations, lorsque les besoins annuels en combustible sont importants.

On peut se procurer les granules de bois dans la plupart des quincailleries locales. On peut trouver des fournisseurs de vrac par l'entremise de la [Wood Pellet Association of Canada](#).

S'il n'existe pas déjà un fournisseur local de biocombustible, les communautés pourraient être en mesure d'en produire elles-mêmes. Peut-être y a-t-il d'autres demandes locales pour du biocombustible; la communauté pourrait alors démarrer une petite entreprise de production de biocombustible en vue de la vente et de sa propre consommation. Cependant, la production de biocombustible peut présenter un défi lorsqu'elle ne repose pas sur la récolte de produits d'une valeur supérieure, comme des billes de sciage (Neave, 2013). Un autre risque sur lequel il faudrait se pencher avant de lancer une entreprise de production de biocombustible est de savoir s'il y a de la concurrence de la part d'autres producteurs de biocombustible à plus faible coût.

Afin d'en apprendre davantage sur l'accès aux ressources forestières de la Couronne

dans le but de créer des biocombustibles, communiquez avec votre [bureau de district local du ministère des Richesses naturelles et des Forêts](#) (voir l'annexe C pour une liste de ressources utiles).

Il faut des opérateurs formés pour gérer sur place le biocombustible, en plus de faire fonctionner le système de combustion lui-même. Parmi les tâches importantes, il faut surveiller la teneur en humidité du biocombustible et veiller à le stocker et à le garder au sec; il faut également s'assurer que les systèmes automatisés d'alimentation en biocombustible fonctionnent bien, et possiblement transformer le combustible sur les lieux. Les opérateurs devraient inspecter la qualité du combustible lors de sa livraison et être habilités à refuser les chargements inacceptables (Community Energy Association, 2014). Pour plus de détails sur la manutention du combustible, consulter la Section 2.

### **Établissement des dimensions d'un système de biothermie**

L'établissement des dimensions d'un système est une tâche technique qui devrait être effectuée par un professionnel qualifié, comme un ingénieur en mécanique. Il n'y a pas de formule simple pour déterminer les dimensions d'un système, et tous les bâtiments ont des exigences différentes fondées sur l'âge, l'utilisation et le type de construction.

Il est important d'établir correctement les dimensions du système. En effet, un système de combustion sous-dimensionné fournira une chaleur inadéquate et nécessitera un système de

chauffage supplémentaire. Des systèmes surdimensionnés auront des cycles marche-arrêt fréquents, ce qui entraînera des problèmes de contrôle du confort, une usure prématurée, la défaillance du système et une mauvaise efficacité de la combustion, faisant ainsi augmenter la consommation de combustible. En général, il est préférable de faire fonctionner les systèmes de combustion au bois de façon continue et à pleine charge afin d'obtenir une bonne combustion, une efficacité élevée, et de produire peu d'émissions.

Les concepteurs de systèmes utilisent diverses stratégies afin de déterminer la charge thermique des bâtiments, selon qu'il s'agisse de bâtiments neufs ou existants (incluant les bâtiments existants ayant récemment subi des rénovations majeures). Pour les bâtiments neufs, il existe de bons modèles de consommation d'énergie et des normes de conception que les ingénieurs peuvent utiliser afin de déterminer avec précision la charge thermique. Ces modèles peuvent être assez longs à exécuter, mais ils sont nécessaires pour la conception finale. Un ingénieur en mécanique ayant de l'expérience dans la conception de systèmes énergétiques devrait être en mesure d'utiliser des règles et son expérience afin de donner rapidement les dimensions approximatives du système aux fins de planification initiale.

Pour les bâtiments existants, les factures d'énergie ou la lecture du compteur d'énergie associé au système de chauffage existant peuvent aider à déterminer la charge thermique. Avec certains renseignements de base, un ingénieur

en mécanique ayant de l'expérience dans la conception de systèmes énergétiques devrait être en mesure de donner rapidement une valeur approximative aux fins de planification initiale.

En général, les systèmes de chauffage doivent être conçus de manière à assurer les besoins en chauffage lors des journées les plus froides, même si ces journées sont peu fréquentes. Cette exigence peut donner lieu à un système beaucoup plus gros et plus dispendieux que ce qui est nécessaire pendant la majeure partie de l'année.

Afin d'éviter cela, soit les concepteurs dimensionnent le système afin qu'il réponde aux besoins de chauffage pendant environ 97 p. 100 du temps et acceptent que pendant 3 p. 100 de l'année le système ne produise pas suffisamment de chaleur, soit ils comptent sur un système d'appoint afin de gérer la période de pointe. Ou encore, afin d'éviter de faire fonctionner une chaudière à la biomasse surdimensionnée à de faibles charges ou de ne pouvoir répondre à la demande de pointe, les concepteurs peuvent utiliser deux chaudières à la biomasse qui peuvent ensemble répondre à la charge de pointe, mais faire fonctionner une seule chaudière afin de répondre aux besoins de chauffage moins élevés (consulter l'étude de cas sur le Confederation College, à l'annexe B). Pour les systèmes de biothermie, il est souvent nécessaire d'avoir un système d'appoint qui sera utilisé lors des périodes de pointe (Community Energy Association, 2014). Ce système peut



être aussi simple et peu coûteux qu'une chaudière à eau chaude électrique ou un appareil de chauffage électrique ou au combustible fossile. Comme le système d'appoint fonctionne peu souvent, le coût du combustible est négligeable. Les systèmes d'appoint constituent une protection afin de s'assurer que si le système de biothermie est hors service pendant des travaux d'entretien imprévus, on continuera d'avoir de la chaleur. Cela peut même être une exigence en matière d'assurances. Il faut périodiquement vérifier les systèmes d'appoint.

### Réglementation pertinente

La réglementation et les exigences relatives aux assurances peuvent avoir des incidences sur la viabilité d'un projet de biothermie. La réglementation dont il est question dans cette section s'applique aux terres non fédérales de l'Ontario. Les principaux règlements concernant les projets de biothermie sont le [Code du bâtiment de l'Ontario](#) (Règl. de l'Ont. 332/12) et la [Loi sur la protection de l'environnement](#). Communiquez dès le début du projet avec les organismes de réglementation pertinents (Community Energy Association, 2014), y compris l'organisme gouvernemental responsable du code du bâtiment pour le territoire local, le bureau local du ministère de l'Environnement, de la Protection de la nature et des Parcs pour le règlement sur les émissions, ainsi qu'un assureur pour les questions liées aux assurances.

Il faut obtenir un permis de construction pour les systèmes de biothermie; les règlements administratifs locaux peuvent avoir des incidences sur certains aspects

d'un projet de biothermie. Les directeurs locaux de la construction, les entrepreneurs en installations mécaniques et les ingénieurs peuvent aider à déterminer quels règlements locaux sont applicables. La réglementation relative aux émissions en Ontario est régie par cinq principaux règlements, lois et lignes directrices, soit :

- [Loi sur la protection de l'Environnement](#);
- [Règlement de l'Ontario 524/98 : Autorisations environnementales](#);
- [Règlement de l'Ontario 1/17 : Activities Requiring Assessment of Air Emissions](#) (en anglais);  
- [Publication Registre environnemental des activités et des secteurs \(REAS\)](#);
- [Ligne directrice A-14 : La réduction des émissions atmosphériques provenant de petits dispositifs de combustion au bois \(<3 MW\)](#) (en anglais);
- [Règlement de l'Ontario 419/05 : Air Pollution - Local Air Quality](#) (en anglais).

Selon la vocation de l'installation, les dimensions et le type de système de combustion, il faudra obtenir l'un des trois types de permis d'émissions et de surveillance des émissions connexe. Ils comprennent, en commençant par le plus complexe et plus dispendieux :

- a. Environmental Compliance Approval (ECA), et utilisation de la Ligne directrice A-14;
- b. EASR et utilisation de la publication EASR;
- c. aucun permis (c.-à-d. le système de combustion est exempté de la Partie 9 de la Loi sur la protection de l'environnement).

Parmi les exemples d'installations n'ayant pas besoin de permis ou de surveillance, il y a les habitations d'au plus trois familles, les bâtiments avec un système de biothermie avec appareils individuels de combustion dont chacun a une puissance thermique inférieure à 50 kW et qui utilise l'un des combustibles non transformés décrits dans le présent guide, ainsi que les maisons unifamiliales. Pour la plupart des autres installations, il faudra un ECA ou EASR. Les deux comportent certaines exigences en matière de surveillance, des limites d'émissions, ainsi que des exigences relatives à l'entretien et à la tenue de dossiers. Ces activités et le matériel connexe peuvent coûter cher, mais sont beaucoup moins dispendieux dans le cadre du programme EASR que du programme ECA. Les chaudières certifiées selon les normes propres au programme EASR nécessitent moins de travail pour la surveillance des émissions. Cela peut avoir des incidences considérables sur les coûts.

Les promoteurs devraient consulter le bureau local du [ministère de l'Environnement, de la Protection de la nature et des Parcs](#) (voir l'annexe C) et une société d'experts-conseils en environnement qui est spécialisée dans les permis environnementaux. Les coûts du matériel de surveillance des émissions peuvent varier considérablement d'un fournisseur à un autre; il faudrait donc faire plusieurs demandes de soumissions pour ce matériel.

Les exigences réglementaires indiquées dans cette section ne sont pas complètes et définitives et sont données sous réserve de modifications. Les promoteurs

devraient faire preuve de diligence raisonnable afin de s'assurer de répondre à tous les règlements en vigueur et de comprendre les coûts associés avant d'aller de l'avant pour le projet de biothermie.

## Financement d'un projet de biothermie

Des organismes peuvent aider à réduire les coûts d'un projet par des subventions, des prêts ou d'autres formes de soutien. Les gouvernements fédéral et provincial peuvent également avoir des programmes d'appui aux projets de biothermie, mais ces programmes changent au fil du temps. Les promoteurs devraient communiquer avec un organisme stable qui aura des connaissances sur les programmes actuellement offerts dans leur région. Parmi ces organisations, il y a :

- [FedNor](#)
- [Société de gestion du Fonds du patrimoine du Nord de l'Ontario](#);
- [Centre for Research & Innovation in the Bio-Economy](#);
- [FPIInnovations](#);
- [Fédération canadienne des municipalités](#);
- [Association des municipalités de l'Ontario](#).

Parmi les autres sources de financement, il y a :

- des budgets municipaux;
- des prêts;
- du capital de risque ou des investissements du secteur privé;
- des contrats de services énergétiques en vertu desquels le système appartient et est exploité par une organisation privée.

## 9. AUTRES SYSTÈMES DE BIOTHERMIE

### Systèmes de chauffage centralisé

Les systèmes de chauffage centralisé utilisent une chaudière centralisée pour fournir de la chaleur à divers bâtiments et peuvent être utilisés pour le chauffage des locaux ou de l'eau chaude domestique, ou pour de la chaleur industrielle. Dans de nombreux cas, le propriétaire de la chaudière centralisée vend la chaleur aux autres propriétaires ou locataires du bâtiment. Ces systèmes sont souvent plus importants (>1 MW) que les systèmes décrits dans ce guide et comportent des exigences administratives complexes, car le propriétaire du système devient en fait un service public de chauffage. Une bonne partie du contenu de ce guide est applicable aux systèmes de chauffage centralisé; toutefois, il y a beaucoup plus d'aspects à prendre en compte. Les personnes intéressées par le chauffage centralisé au biocombustible devraient consulter l'annexe C pour avoir des ressources additionnelles.

### Systèmes de production combinée de chaleur et d'électricité

Les systèmes de production combinée de chaleur et d'électricité utilisent la combustion pour produire de la chaleur et de l'électricité. Ils sont plus efficaces lorsqu'on a besoin de chaleur pendant toute l'année, comme les applications institutionnelles (p. ex., hôpitaux), commerciales (p. ex., hôtels), agricoles (p. ex., serres) et industrielles (p. ex., transformation des aliments et boissons). Les systèmes de production combinée de chaleur et d'électricité peuvent aussi être utilisés comme systèmes de chauffage centralisé.

Au moment de la publication, l'Ontario élaborait de nouveaux règlements environnementaux pour les systèmes de production combinée de chaleur et d'électricité afin de faciliter le processus d'octroi de permis environnementaux pour les systèmes de production combinée de chaleur et d'électricité aux biocombustibles. Les personnes intéressées par la production combinée de chaleur et d'électricité aux biocombustibles devraient consulter l'annexe C pour avoir des ressources additionnelles.

## | 10. RÉFÉRENCES

- Apps, M. J., Bernier, P. Y., et Bhatti, J. S. (2006). Forests in the global carbon cycle: Implications of climate change. Dans J. S. Bhatti, R. Lal, M. J. Apps, et M. A. Price (Éd.), *Climate change and managed ecosystems* (175–200). Boca Raton, FL : CRC Press, Taylor & Francis Group.
- Becker, D., Lowell, E., Bihn, D., Anderson, R., et Taff, S. (2014). *Community biomass handbook. Volume I: Thermal wood energy* (Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-899). Portland, OR : Département de l'Agriculture des États-Unis, Service des forêts.
- Biomass Energy Resource Center. (2007). Wood pellet heating. Boston, MA : Massachusetts Division of Energy Resources.
- Biomass Thermal Energy Council. (2018). Wood energy financial calculator [Logiciel]. <http://calculator.biomassthermal.org/>
- Burkhard, E., et Russell, N. (2012). *Environmental, energy market and health characterization of wood-fired hydronic heater technologies*. Albany, NY : New York State Energy Research and Development Authority.
- Société canadienne d'hypothèques et de logement. (2002). *Le guide du chauffage résidentiel*. Ottawa, Ont. : Société canadienne d'hypothèques et de logement, Ressources naturelles Canada.
- Cold Climate Housing Research Center. (2017). *Biomass-heated greenhouses: A handbook for Alaskan schools and community organizations*. Fairbanks, AK : Cold Climate Housing Research Center.
- Community Energy Association. (2014). *Small-scale biomass district heating handbook*. Vancouver, C.-B. : Community Energy Association.
- Groupe CSA. *Guide to wood chip fuel: Characteristics, supply, storage and procurement* (CSA Group Report SPE-2254). <https://webstore.ansi.org/standards/csa/csaspe22542019>
- Groupe CSA. (2015). Biocombustibles solides – *Classes et spécifications des combustibles* - Partie 1 : Exigences générales (CAN/CSA-ISO 17225). Extrait de <https://store.csagroup.org/ccrz/ProductDetails?viewState=DetailView&cartID=&sku=2703800>
- Gouvernement de l'Ontario. (2018). *Droits relatifs au bois de la Couronne devant être versés par les compagnies forestières*. Extrait de <https://www.ontario.ca/data/crown-timber-charges-forestry-companies>
- Lemprière, T. C., Kurtz, W. A., Hogg, E. H., Schmoll, C., Rampley, G. J., Yemshanov, D., Krcmar, E. (2013). Canadian boreal forests and climate change mitigation. *Environmental Reviews*, 21(4): 293–321.

Marinescu, M. (2013). *Critical biomass attributes of the most common bioenergy and biofuel applications* (Advantage Report, Vol. 14, No. 3). FPInnovations.

Ministère des Richesses naturelles et des Forêts. (2016). *L'état des richesses naturelles de l'Ontario – Les forêts (2016)*. Sault Ste. Marie, Ont. : Imprimeur de la Reine pour l'Ontario.

Ressources naturelles Canada. (n.d.-a). *Bulletins d'information sur les biocombustibles solides n° 1 : Biocombustibles solides*. Ottawa, Ont. : Ressources naturelles Canada. Extrait de [https://www.rncan.gc.ca/energie/sources-denergie-et-reseau-de-distribution/energies-renouvelables/systemes-de-bioenergie/biocombustibles/biocombustibles-solides/7400?\\_ga=2.211455189.1187924557.1576415930-139122299.1497880879](https://www.rncan.gc.ca/energie/sources-denergie-et-reseau-de-distribution/energies-renouvelables/systemes-de-bioenergie/biocombustibles/biocombustibles-solides/7400?_ga=2.211455189.1187924557.1576415930-139122299.1497880879)

Ressources naturelles Canada. (n.d.-b). *Bulletins d'information sur les biocombustibles solides n° 2 : Introduction aux biocombustibles solides – définitions, classes/catégories et propriétés des combustibles*. Ottawa, Ont. : Ressources naturelles Canada. Extrait de [https://www.rncan.gc.ca/energie/sources-denergie-et-reseau-de-distribution/energies-renouvelables/systemes-de-bioenergie/biocombustibles/biocombustibles-solides/7400?\\_ga=2.211455189.1187924557.1576415930-139122299.1497880879](https://www.rncan.gc.ca/energie/sources-denergie-et-reseau-de-distribution/energies-renouvelables/systemes-de-bioenergie/biocombustibles/biocombustibles-solides/7400?_ga=2.211455189.1187924557.1576415930-139122299.1497880879)

Ressources naturelles Canada. (n.d.-c). *Bulletins d'information sur les biocombustibles solides n° 3 : Normes CAN/CSA-ISO sur les biocombustibles solides*. Ottawa, Ont. : Ressources naturelles Canada. Extrait de [https://www.rncan.gc.ca/energie/sources-denergie-et-reseau-de-distribution/energies-renouvelables/systemes-de-bioenergie/biocombustibles/biocombustibles-solides/7400?\\_ga=2.211455189.1187924557.1576415930-139122299.1497880879](https://www.rncan.gc.ca/energie/sources-denergie-et-reseau-de-distribution/energies-renouvelables/systemes-de-bioenergie/biocombustibles/biocombustibles-solides/7400?_ga=2.211455189.1187924557.1576415930-139122299.1497880879)

Ressources naturelles Canada. (n.d.-d). *Bulletins d'information sur les biocombustibles solides n° 4 : Classes de granules de bois*. Ottawa, Ont. : Ressources naturelles Canada. Extrait de [https://www.rncan.gc.ca/energie/sources-denergie-et-reseau-de-distribution/energies-renouvelables/systemes-de-bioenergie/biocombustibles/biocombustibles-solides/7400?\\_ga=2.211455189.1187924557.1576415930-139122299.1497880879](https://www.rncan.gc.ca/energie/sources-denergie-et-reseau-de-distribution/energies-renouvelables/systemes-de-bioenergie/biocombustibles/biocombustibles-solides/7400?_ga=2.211455189.1187924557.1576415930-139122299.1497880879)

Ressources naturelles Canada. (n.d.-e). *Bulletins d'information sur les biocombustibles solides n° 5 : Classes de briquettes de bois*. Ottawa, Ont. : Ressources naturelles Canada. Extrait de [https://www.rncan.gc.ca/energie/sources-denergie-et-reseau-de-distribution/energies-renouvelables/systemes-de-bioenergie/biocombustibles/biocombustibles-solides/7400?\\_ga=2.211455189.1187924557.1576415930-139122299.1497880879](https://www.rncan.gc.ca/energie/sources-denergie-et-reseau-de-distribution/energies-renouvelables/systemes-de-bioenergie/biocombustibles/biocombustibles-solides/7400?_ga=2.211455189.1187924557.1576415930-139122299.1497880879)

Ressources naturelles Canada. (n.d.-f). *Bulletins d'information sur les biocombustibles solides n° 6 : Classes de copeaux de bois*. Ottawa, Ont. : Ressources naturelles Canada. Extrait de [https://www.rncan.gc.ca/energie/sources-denergie-et-reseau-de-distribution/energies-renouvelables/systemes-de-bioenergie/biocombustibles/biocombustibles-solides/7400?\\_ga=2.211455189.1187924557.1576415930-139122299.1497880879](https://www.rncan.gc.ca/energie/sources-denergie-et-reseau-de-distribution/energies-renouvelables/systemes-de-bioenergie/biocombustibles/biocombustibles-solides/7400?_ga=2.211455189.1187924557.1576415930-139122299.1497880879)



Ressources naturelles Canada. (n.d.-g). *Bulletins d'information sur les biocombustibles solides n° 7 : Classes de bois de chauffage*. Ottawa, Ont. : Ressources naturelles Canada. Extrait de [https://www.rncan.gc.ca/energie/sources-denergie-et-reseau-de-distribution/energies-renouvelables/systemes-de-bioenergie/biocombustibles/biocombustibles-solides/7400?\\_ga=2.211455189.1187924557.1576415930-139122299.1497880879](https://www.rncan.gc.ca/energie/sources-denergie-et-reseau-de-distribution/energies-renouvelables/systemes-de-bioenergie/biocombustibles/biocombustibles-solides/7400?_ga=2.211455189.1187924557.1576415930-139122299.1497880879)

Ressources naturelles Canada. (2007). *Notes du Service canadien des forêts sur la science et les politiques. La forêt canadienne est-elle un puits ou une source de carbone?* Ottawa, Ont. : Imprimeur de la Reine pour l'Ontario.

Ressources naturelles Canada (2018a). *L'État des forêts au Canada. Rapport annuel 2018*. Ottawa, Ont. : Ressources naturelles Canada.

Ressources naturelles Canada (2018 b). Logiciel de gestion d'énergies propres RETScreen [Logiciel]. Extrait de [https://www.rncan.gc.ca/energie/retscreen/7466?\\_ga=2.47219047.1187924557.1576415930-139122299.1497880879](https://www.rncan.gc.ca/energie/retscreen/7466?_ga=2.47219047.1187924557.1576415930-139122299.1497880879)

Neave, E. (2013). *Biomass heating and electricity production: A guidebook for rural communities in Canada*. Kemptville, Ont. : Réseau canadien de forêts modèles.

Ministère de l'Environnement et de l'Action en matière de changement climatique de l'Ontario. (2016). *Background and rationale for the development of a guideline for the control of air emissions from small wood-fired combustors with a heat capacity of less than 3 MW (Guideline A-14)*. Toronto, Ont. : gouvernement de l'Ontario.

USEPA. (2018a). *List of EPA certified forced-air furnaces*. Extrait de <https://www.epa.gov/compliance/list-epa-certified-forced-air-furnaces>

USEPA. (2018b). *List of EPA certified hydronic heaters*. Extrait de <https://www.epa.gov/compliance/list-epa-certified-hydronic-heaters>

USEPA. (2018c). *List of EPA certified wood stoves*. Extrait de <https://www.epa.gov/compliance/list-epa-certified-wood-stoves>

## ANNEXE A : AVANTAGES POUR L'ENVIRONNEMENT ET CONSIDÉRATIONS

La biothermie peut procurer de nombreux avantages environnementaux. De faux préjugés sur les effets de la biothermie pourraient être soulevés lors de discussions avec la communauté. Il faudra avoir de l'information exacte afin de répondre à toutes les questions ou préoccupations soulevées.

### Biothermie et cycle du carbone

Le carbone est l'élément de base de la vie et est présent dans tous les organismes vivants. Le carbone se trouve dans tous les environnements de la Terre : atmosphère, terre (végétaux, animaux, pierres) et plans d'eau. Le cycle du carbone fait référence au mouvement constant cyclique du carbone entre la terre, l'eau, l'atmosphère et les organismes vivants (figure 23), chacun appelé « réservoirs de carbone ». Durant les quatre derniers cycles glaciaires, ou quelque 1,5 million d'années, et jusqu'au 20e siècle, il y a eu un équilibre relatif pour l'échange de carbone entre les réservoirs (Apps, Bernier, et Bhatti, 2006; Ressources naturelles Canada, 2007). La quantité de carbone présent dans la terre, l'eau, l'air et les organismes vivants est alors demeurée stable.

Au cours des 100 dernières années, les émissions de carbone d'origine humaine, ou anthropiques, ont fait augmenter la quantité de carbone dans l'air, la faisant passer de 280 parties par million (ppm) à plus de 400 ppm. Cela a entraîné des changements du climat mondial (appelés communément « changements climatiques ») qui sont ressentis de façon

plus importante aux latitudes moyennes ou élevées, comme l'Ontario (Apps et coll., 2006).

Les forêts emmagasinent et rejettent du carbone lors de la croissance, de la décomposition, des incendies et de la régénération (nouvelle croissance) (Ressources naturelles Canada, 2007), ce qui aide à maintenir l'équilibre du carbone, comme l'illustre la figure 23. Les arbres plus jeunes en régénération absorbent généralement le carbone à un rythme plus rapide que les arbres plus vieux qui emmagasinent une plus grande quantité totale de carbone (Apps et coll., 2006). À mesure que l'écosystème continue de vieillir et approche de sa maturité, les taux tendent à se stabiliser et peuvent même parfois diminuer dans certaines forêts lorsque les émissions dues à la décomposition commencent à contrebalancer le carbone absorbé lors de la croissance (Apps et coll., 2006).

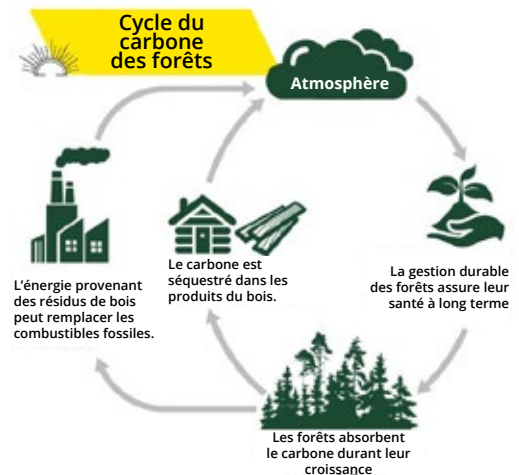


Figure 23. Cycle du carbone forestier (ministère des Richesses naturelles et des Forêts, 2016).

Lemprière et coll. (2013) ont examiné des études récentes et pertinentes

concernant la forêt boréale canadienne et l'atténuation des changements climatiques. On a découvert que le principal avantage possible en matière de carbone que procure la biothermie est le déplacement des combustibles fossiles (Lemprière et coll., 2013). La combustion de combustibles fossiles rejette dans l'atmosphère le carbone ancien présent dans les gisements de combustible fossile. Ce carbone ne peut être retourné dans les gisements originaux, et une bonne partie reste dans l'atmosphère et contribue aux changements climatiques (Apps et coll., 2006). Lorsque du biocombustible est brûlé, il rejette du carbone qui a été retiré de l'atmosphère pendant des décennies au cours de la croissance de sa forêt d'origine. Si cette forêt est alors renouvelée et qu'une nouvelle forêt pousse à sa place, elle peut capter à nouveau le carbone rejeté lors de la combustion du biocombustible (Apps et coll., 2006; Lemprière et coll., 2013). Si la forêt est convertie en vue d'une autre utilisation, comme l'agriculture ou le développement urbain, ou si elle est récoltée avant d'avoir pu à nouveau séquestrer le carbone, cela ne procurera pas les avantages en matière de carbone (Lemprière et coll., 2013). Ce ne sont pas toutes les forêts qui peuvent procurer des avantages relativement à la captation du carbone, et certaines ne devraient pas être utilisées à cette fin (Apps et coll., 2006; Lemprière et coll., 2013).

## Émissions

Tous les types de combustion, y compris celle des biocombustibles et des combustibles fossiles, produisent des

émissions, incluant du dioxyde de carbone, de l'oxyde nitreux, du monoxyde de carbone, des composés organiques volatils et des particules fines. Les systèmes de combustion de biothermie offerts de nos jours rejettent des quantités beaucoup plus faibles de ces polluants qu'un poêle à bois résidentiel type et, dans certains cas, ils en rejettent même moins que leur équivalent au combustible fossile. Les chaudières aux biocombustibles ont des émissions de particules fines légèrement supérieures aux systèmes au gaz ou au mazout, mais cela n'est pas une préoccupation majeure lorsque le système est conçu de manière à disperser adéquatement cette matière particulaire.

De récents tests effectués pour une nouvelle chaudière aux copeaux de bois et aux granules au Confederation College de Thunder Bay ont indiqué que les émissions des systèmes de combustion offerts sur le marché sont très faibles (ministère de l'Environnement et de l'action en matière de changement climatique de l'Ontario, 2016). Les quantités de particules fines (tableau 4) étaient bien en deçà des niveaux jugés comme étant acceptables par le ministère de l'Environnement, de la Protection de la nature et des Parcs. Le monoxyde de carbone était de 80 à 95 p. 100 sous les niveaux acceptables, et souvent moins. Le benzo[a]pyrène et l'acroléine, des produits chimiques toxiques préoccupants qui sont associés à la combustion, étaient en deçà de la valeur limite de détection du laboratoire. Une étude de cas du système du Confederation College est présentée à l'annexe B.

Tableau 4. Sommaire des résultats des essais pour les émissions de particules fines d'une nouvelle chaudière au biocombustible de 500 kW au Confederation College (ministère de l'Environnement et de l'action en matière de changement climatique de l'Ontario, 2016)

Combustible	Taux d'allumage (% de pleine charge)	Niveau enregistré (mg/m <sup>3</sup> )	Limite acceptable (mg/m <sup>3</sup> )	% de limite
Granules	100	16,6 à 17,7	75	22 à 24
Copeaux de bois	100	38,5 à 66,9	75	51 à 89
Copeaux de bois	30	27,6 à 44,5	75	37 à 59

## Aménagement forestier durable en Ontario

Les activités courantes en forêt, comme la récolte de bois pour en faire des produits de sciage ou de la pâte, la chasse et la pêche, ainsi que le camping et l'expérience de la nature coexistent avec succès en Ontario depuis de nombreuses années (ministère des Richesses naturelles et des Forêts, 2016). L'idée d'utiliser nos forêts comme principale source d'énergie est relativement nouvelle. Un manque de connaissances entraîne des questions comme « Allons-nous brûler complètement nos forêts? » et « La récolte pour la biothermie aura-t-elle des effets négatifs sur ce que nous valorisons dans nos forêts? » Afin d'assurer la réussite d'un projet de biothermie, il faut se pencher sur ces questions et sur bien d'autres semblables.

Les forêts de la Couronne de l'Ontario sont aménagées de façon durable, en utilisant de bonnes pratiques forestières, ce qu'on appelle l'aménagement forestier durable. Cette pratique permet aux forêts ontariennes d'offrir beaucoup de valeur diversifiée, y compris des habitats fauniques, des activités récréatives, des produits du bois, de l'air et de l'eau purs,

ainsi qu'un endroit où vivre et travailler (ministère des Richesses naturelles et des Forêts, 2016). Toutes les forêts de la Couronne de l'ensemble du Canada sont gérées selon un principe d'aménagement forestier durable. Le Canada possède la plus grande superficie de forêts certifiées par des tiers au monde, utilisant des systèmes de certification comme le Système d'aménagement forestier durable du Groupe CSA, la *Sustainable Forestry Initiative* et le *Forest Stewardship Council* (Ressources naturelles Canada, 2018a). Cela signifie que la biomasse récoltée sur des terres de la Couronne dans d'autres provinces ou territoires que l'Ontario est également durable (Ressources naturelles Canada, 2018a).

La récolte de biomasse peut être un important outil de financement de l'aménagement forestier durable et peut contribuer à la gestion des forêts. Trois interventions forestières pour lesquelles la récolte de la biomasse pourrait être avantageuse sont la coupe d'éclaircie des peuplements surchargés, des activités Intelli-feu (figure 24) et la coupe d'éclaircie précommerciale. À la suite de perturbations ou d'autres activités d'aménagement forestier certaines forêts

sont devenues surpeuplées (trop d'arbres sur une trop petite superficie). Ces forêts peuvent poser un risque accru d'incendie et procurent une production de bois d'œuvre et un habitat sous-optimal. En Ontario, en moyenne, 180 000 hectares de forêt sont brûlés et 110 000 hectares sont récoltés chaque année (ministère des Richesses naturelles et des Forêts, 2016). La coupe d'éclaircie de ces forêts peut aider à réduire le risque d'incendie pour les communautés, à accroître la croissance des arbres conservés et à améliorer l'habitat faunique. Dans

certains cas, les arbres récoltés dans ces peuplements n'ont pas suffisamment de valeur pour le sciage ou pour la mise en pâte. Ces activités de coupe étant coûteuses, elles pourraient ne pas être effectuées si la valeur des arbres récoltés est insuffisante. Cependant, les arbres enlevés pourraient être utilisés comme biomasse pour la biothermie. Cela pourrait aider à compenser les coûts d'intervention et contribuer aux activités d'aménagement forestier.



## ANNEXE B : ÉTUDES DE CAS

### Confederation College

**Emplacement :** Thunder Bay (Ontario)

**Type de système de combustion :** deux chaudières à eau chaude aux copeaux de bois

**Puissance maximale :** 1 MW (500 kW par chaudière)

**Date de mise en service :** hiver 2015

**Superficie de bâtiment desservi :** 400 000 pi<sup>2</sup> (répond à 85 % des besoins en chauffage des locaux, pas de chauffage de l'eau chaude domestique)

**Utilisation du bâtiment :** bureaux administratifs du collège et locaux d'enseignement

**Consommation annuelle de combustible estimée :** 1 000 tonnes anhydres

**Teneur en humidité moyenne des copeaux :** < 30 %

**Taille des copeaux :** entre 3,15 mm et 45 mm

**Efficacité moyenne du système :** >90 % (PCI)

**Système de chauffage d'appoint :** gaz naturel

#### Résumé du projet

Dans le cadre d'un projet visant à démontrer la viabilité des systèmes de biothermie en Ontario, le Confederation College a installé un système de chauffage consistant en une bouilloire à eau chaude aux copeaux de bois afin de chauffer un bâtiment de 400 000 pieds carrés servant à l'administration du collège et à l'enseignement (figures 25 et 26). Evergreen BioHeat, une entreprise de biothermie de la C.-B., a fourni le matériel, donné les instructions d'installation et de



Figure 25. Installation de la chaufferie et du local de stockage du combustible du Confederation College. La porte de garage de gauche mène au local de stockage des copeaux situé sur place. La porte de droite mène à la chaufferie. Les passants peuvent voir le système par les grandes fenêtres. La salle des chaudières aux copeaux de bois n'a pas besoin d'être si grande, mais cette chaufferie a été conçue afin d'accueillir les groupes de visiteurs et de faire de l'enseignement. (Photo : Biothermic)

mise en service, et continue d'offrir du soutien technique et opérationnel pour tous les aspects du système, allant du système d'alimentation en combustible jusqu'à l'entretien du matériel. Biothermic Wood Energy Systems (Biothermic), une entreprise récemment établie en Ontario, fournit le combustible en copeaux de bois et assure le soutien opérationnel permanent. Le système pourvoit au chauffage des locaux (pas d'eau chaude domestique) pour 85 p. 100 de la charge de chauffage (mesurée pendant toute une saison de chauffage). La chaleur est distribuée dans le bâtiment à l'aide de canalisations à eau chaude. Comme le nombre de canalisations existantes était limité, un nouveau système de distribution a été installé afin de remplacer le chauffage électrique périphérique. Les copeaux de bois proviennent de la forêt urbaine de la ville de Thunder Bay. L'alimentation en copeaux des chaudières se fait à partir d'un local de stockage sur



Figure 26. Chaudières aux copeaux de bois installées au Confederation College. Chaque chaudière peut fournir 500 kW de chaleur de base. Ensemble, les chaudières répondent à 85 % des besoins en chauffage des locaux pour l'installation de 400 000 pi<sup>2</sup>. (Photo : Biothermic)

place et par un système d'alimentation automatique (figures 27 et 28); les cendres sont vidées automatiquement dans un bac à cendres. Le travail de nettoyage est minime, le bac à cendres n'ayant besoin d'être vidé que tous les mois et demi, ou à peu près, et les chaudières elles-mêmes ne nécessitent un nettoyage en profondeur qu'une fois l'an, habituellement lorsque la saison de chauffage est terminée. Un système d'appoint au gaz naturel répond aux besoins de chauffage pendant les périodes de pointe et lorsque le système de biothermie est hors service.

### Responsables du projet

Comme pour tout projet pilote ou de démonstration, des enjeux et des problèmes se sont posés, lesquels ont exigé un processus de résolution de problèmes et de la persévérance afin de les surmonter.

Les responsables à l'interne Colin Kelly, directeur de la recherche appliquée et président de la School of Business, et Rick Sitarski, directeur des installations et président du College Sustainability

Committee, ont joué un rôle crucial afin de mener à bien le projet et de s'assurer que le système soit opérationnel.

Le responsable de l'ingénierie et de la technologie Evergreen BioHeat a joué un rôle essentiel pour la gestion globale du projet, y compris le choix du matériel, l'ingénierie finale du système d'alimentation, ainsi que tous les aspects du soutien pendant le processus d'approbation environnementale. Un élément clé a été l'accès à de l'expertise européenne, ces systèmes étant courants partout en Europe.

L'entreprise Biothermic a joué un rôle essentiel afin d'assurer la mise au point d'un système d'alimentation en combustible de qualité qui répondait aux spécifications du système. Même s'il était conceptuellement simple en pratique, il a fallu du temps et des efforts pour mettre au point les processus et l'infrastructure afin d'assurer une alimentation en copeaux de bois de qualité uniforme. Biothermic est un partenaire clé pour le travail de développement sur le marché local et régional et est un intervenant d'importance pour le travail de formation et de renforcement des capacités au collège.

### Approbatons environnementales et nouvelles lignes directrices pour l'Ontario

En partenariat avec l'industrie et les ministères fédéral et provincial, le Confederation College a réalisé une étude sur les émissions atmosphériques en février 2015. Cette étude a servi à créer les nouvelles directives réglementaires publiées en janvier 2017 (pour les

installations d'une puissance <3 MW) qui appuieront l'adoption de la technologie de la biomasse dans l'ensemble de l'Ontario. Les lignes directrices antérieures en matière d'émissions et la réglementation connexe avaient été rédigées pour l'ancienne technologie, en particulier dans un contexte industriel à grande échelle, et constituaient un obstacle pour le développement du marché dans la province. Les nouvelles lignes directrices suivent un processus d'approbation environnementale réglementaire beaucoup plus efficace et simplifié, prenant moins de temps pour l'approbation, et diminuent les coûts initiaux et opérationnels.

### Approvisionnement en copeaux de bois et gestion

Les copeaux de bois utilisés pour le système du Confederation College proviennent d'arbres qui sont coupés dans la ville de Thunder Bay. Comme dans toutes les villes canadiennes, la forêt urbaine produit une quantité stable de copeaux de bois provenant des activités arboricoles comme l'élagage des arbres



Figure 27. Vue aérienne du local de collecte des copeaux de bois du Confederation College, réalisé par Evergreen BioHeat. Le plancher racleur qu'on voit ici déplace les copeaux sur toute la longueur du local jusqu'à une série de transporteurs à vis. (Photo : Biothermic)



Figure 28. Une série de transporteurs à vis alimentent automatiquement les chaudières en copeaux lorsque plus de copeaux sont demandés par le système de contrôle de la chaudière. (Photo : Biothermic)



Figure 29. Les copeaux de bois sont déchetés par des déchettesuses à chargement manuel, puis triés par un tamis à agrégats à trois étages afin de retirer les particules fines et grossières, ne laissant que les copeaux d'une taille adéquate pour le système de biothermie. (Photo : Biothermic)

et des arbustes et la coupe d'arbres. Les copeaux de bois des arboriculteurs sont souvent utilisés comme compost ou paillis pour les aménagements paysagers, ou sont envoyés aux sites d'enfouissement. Dans ce cas-ci, le bois de la forêt urbaine est décheté avec des déchettesuses à chargement manuel, puis est trié à l'aide



d'un tamis à agrégats à trois étages afin de retirer les particules fines et grossières, ne laissant que les copeaux d'une taille adéquate pour le système de biothermie (figure 29). Lorsqu'ils sont déchiquetés au départ, les copeaux ont une teneur en humidité d'environ 50 p. 100, mais ils sont ensuite entreposés sous un toit et séchés jusqu'à ce que leur teneur en humidité soit de 25 p. 100 (figure 30). Toute perte de qualité du combustible due à la décomposition est facilement compensée par la plus faible teneur en humidité. Les copeaux sont stockés sur une plateforme en asphalte afin d'éviter la contamination par les pierres, le sable et la saleté.

Les copeaux sont livrés au collège à partir de l'installation de Biothermic par un camion à fond mobile comme ceux qui sont généralement utilisés pour les opérations forestières. Les copeaux sont déchargés dans le local de collecte du collège (figure 27). Un plancher racleur dans le local de collecte déplace les copeaux sur toute la longueur du local jusqu'à une série de transporteurs à vis qui alimentent les chaudières en copeaux de bois (figure 28). Lorsque le combustible livré répond aux spécifications en matière de taille et que sa teneur en humidité est inférieure à 30 p. 100, on s'assure de faciliter le stockage et la circulation des copeaux de bois dans le système.

### Leçons retenues

Le système aux copeaux de bois du Confederation College a été l'un des premiers systèmes modernes de ce type et de cette taille installé en Ontario. On a donc retenu de nombreuses leçons importantes en cours de route :

- Il faut un responsable de projet à l'interne pour franchir les étapes initiales d'apprentissage et de dépannage.
- On devrait uniquement faire appel à des fournisseurs réputés qui ont de bons antécédents et de l'expérience avec les systèmes dont le type et les dimensions ressemblent à celui qu'on souhaite installer.
- Les systèmes de manutention des copeaux de bois devraient être conçus par des ingénieurs ou des fabricants ayant de l'expérience directe avec les systèmes de biothermie à petite échelle. Les principes de gestion des copeaux de bois pour les gros systèmes industriels à chaudière ne peuvent pas être facilement appliqués à une échelle réduite à des installations plus petites.
- Le fournisseur de chaudières devrait aussi être responsable de la conception et de l'installation du système d'alimentation en combustible. Lors de la conception initiale du système d'alimentation en combustible au collège, on n'a pas tenu compte des conseils éclairés d'Evergreen BioHeat, ce qui a entraîné de refaire les travaux, occasionnant des coûts additionnels. Cette expertise existe et il faut y recourir, même si elle se trouve ailleurs que dans la région. Le fournisseur de chaudières choisi devrait consister en une entreprise à service complet qui a la capacité et l'expérience de mettre au point, de concevoir, d'installer et de mettre en service un système complet – elle devrait essentiellement être un fournisseur clé en main entièrement responsable.

- La qualité des copeaux de bois est d'une importance cruciale pour un fonctionnement fiable. Les premiers lots de copeaux étaient d'une taille et d'une teneur en humidité variables et contenaient des débris non combustibles qui ont coincé dans le système de convoyeur du combustible. Les copeaux de bois doivent être recouverts afin de les garder au sec de manière à ce qu'ils brûlent efficacement, mais également pour qu'ils ne gèlent pas ensemble, ce qui risque de bloquer les systèmes de convoyeurs.
- Les copeaux doivent être stockés sur une plateforme en asphalte ou en béton en tout temps, sinon ils risquent d'être contaminés par des pierres, de la saleté ou du sable, ce qui endommagera les chaudières.

Les premières zones de stockage des copeaux avaient été conçues avec des planchers de sable. On avait prévu qu'une gestion soignée des copeaux permettrait de minimiser la contamination, mais il s'est révélé impossible d'avoir des copeaux exempts de sable et de pierres. De grandes quantités de sable ont bouché les zones de ventilation de la chaudière, entraînant une mauvaise efficacité, une surchauffe à certains endroits, et une détérioration accélérée de la chaudière elle-même. Ces dommages ont été réparés pendant un arrêt de service annuel planifié, et des changements ont été mis en œuvre pour la préparation du combustible, y compris une installation de stockage couverte et pavée.



Figure 30. Cette installation de production de copeaux de bois de biothermic comporte une plateforme en asphalte afin d'éviter la contamination par le sable et la saleté, et garde les copeaux couverts afin de les laisser sécher. Elle stocke 1 000 tonnes anhydres. (Photo : Biothermic)

- Il faut signer un contrat d'approvisionnement en combustible à long terme afin de justifier les coûts en capitaux associés à la construction d'une installation adéquate de stockage et de conditionnement du combustible.
- Idéalement, la mise en copeaux et le stockage devraient avoir lieu sur place, ce qui réduirait les coûts et éliminerait la logistique de livraison. Advenant le cas où la mise en copeaux doit se faire hors site, la zone de stockage sur le site de l'installation de combustion devrait pouvoir contenir au moins 1,5 fois la quantité de copeaux de bois que les camions de livraison peuvent contenir. Cela assure de la souplesse autour du moment prévu pour la livraison des chargements complets par camion. La conception d'origine pour le stockage au collège a été compromise par le fait que les essais géotechniques ont sous-estimé la quantité d'eau souterraine. Par conséquent, la citerne à combustible (zone de stockage) n'a pu être étendue au-dessous du niveau du sol, alors que c'est la pratique privilégiée. Le volume de stockage du combustible a donc été réduit, et il a fallu redessiner la zone de déchargement.
- Le Confederation College a dès le début établi une relation étroite avec son fournisseur de copeaux, Biothermic. Cette relation a été essentielle afin de s'assurer que le combustible répondait aux besoins du système et que la résolution de problèmes se faisait en collaboration et sans tarder.
- Même si les systèmes installés de nos jours ne sont peut-être pas soumis au même fardeau réglementaire en matière d'émissions atmosphériques que dans le passé, les promoteurs doivent quand même étudier et comprendre pleinement toutes les exigences réglementaires (environnementales, American Society of Mechanical Engineers, CSA) à l'étape de la pré faisabilité de la planification du projet.

## Abbey Gardens

**Emplacement :** comté d'Haliburton (Ontario)

**Type de système de combustion :** chaudière à granules avec stockage thermique d'eau chaude

**Puissance maximale :** 32 kW

**Date de mise en service :** 2016

**Superficie de bâtiment desservi :** 6 500 pi<sup>2</sup>

**Utilisation du bâtiment :** commercial/ organisme de bienfaisance sans but lucratif

**Consommation annuelle de combustible estimée :** de 10 à 11 tonnes

**Teneur en humidité moyenne des granules :** <10 %

**Efficacité moyenne du système :** 87 %

**(PCI) Système de chauffage d'appoint :** aucun

### Résumé du projet

Abbey Gardens (figure 31) est un organisme de bienfaisance sans but lucratif qui a transformé une carrière de gravier désaffectée en un espace vert qui offre des occasions récréatives et économiques à la communauté locale. Le site offre des possibilités d'achat de produits alimentaires locaux, des sentiers d'interprétation, des expositions de



Figure 31. Abbey Gardens. (Photo : Abbey Gardens)

racres patrimoniales, des sites pour la tenue d'événements et de programmes, des aires de pique-nique et des kiosques, des jardins, et plus encore. Abbey Gardens loue une partie de son espace à Haliburton Solar and Wind, une entreprise d'énergie renouvelable, et à Haliburton Highlands Brewing, une microbrasserie. Le système de chaudière aux granules (figure 32) fournit de la chaleur à ces deux entreprises. La chaleur fournie aux entreprises est mesurée par un compteur et Abbey Gardens facture ensuite aux locataires l'énergie thermique consommée. Le système est exploité et entretenu par Abbey Gardens et a été fourni par Biothermic. La population est bienvenue pour visiter Abbey Gardens et regarder comment fonctionne le système de chaudière aux granules.

### Avantages pour la communauté et collaboration

L'une des missions d'Abbey Gardens est de soutenir d'autres entrepreneurs locaux qui travaillent dans le secteur des modes de vie durables. Cela a fait de Biothermic, qui se trouve également dans le comté d'Haliburton, un bon partenaire. Des discussions entre Abbey Gardens et Biothermic sur le potentiel d'un système de biothermie ont eu cours pendant environ un an avant que l'occasion d'installer un système se présente. Haliburton Solar and Wind et Haliburton Highlands Brewing sont deux entrepreneurs locaux qui travaillent dans le secteur des modes de vie durables et qui avaient besoin de locaux pour des bureaux et la production. Les quatre organisations ont travaillé ensemble afin



Figure 32. La chaudière et la trémie d'alimentation en granules (à gauche) alimentent en eau chaude le réservoir de stockage (à droite). L'eau chaude est ensuite fournie à Haliburton Solar and Wind et à Haliburton Highlands Brewing et sert au chauffage des locaux et de l'eau chaude domestique. On peut voir sur le mur les compteurs d'énergie utilisés pour facturer aux entreprises, à côté du réservoir de stockage.

d'élaborer un projet de biothermie qui est avantageux pour toutes les parties. Biothermic a fourni le système et Abbey Gardens loue des locaux à Haliburton Solar and Wind et à Haliburton Highlands Brewing, et leur vend de la chaleur à bas prix pour le chauffage des locaux. Biothermic s'occupe de l'entretien quotidien minimal du système. Cela permet aux autres organisations de se concentrer sur leur domaine d'expertise.

### Responsable du projet

Le conseil d'administration d'Abbey Gardens a entièrement soutenu le projet de système de biothermie et la collaboration entre les quatre organisations locales. Heather Reid, directrice des opérations à Abbey Gardens, a été la principale responsable du projet. Elle continue de travailler en étroite collaboration avec Biothermic afin

d'aider à gérer le système. Le système de commande électronique de la chaudière détecte les problèmes (ce qui se produit très rarement), et une alerte est envoyée électroniquement à Heather et à Biothermic. Ensemble, ils décident alors de la façon de régler la question.

### Surveillance environnementale

La puissance du système était inférieure au seuil de 50 kW concernant les exigences de surveillance environnementale. Cela signifie qu'Abbey Gardens n'a pas eu à installer de matériel de surveillance environnementale ou à obtenir de permis environnementaux pour installer ou exploiter le système. Il a fallu respecter tous les codes du bâtiment applicables.

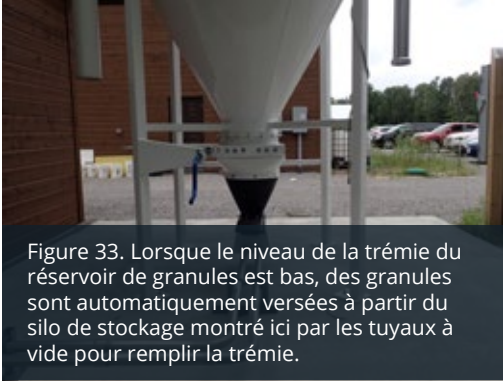


Figure 33. Lorsque le niveau de la trémie du réservoir de granules est bas, des granules sont automatiquement versées à partir du silo de stockage montré ici par les tuyaux à vide pour remplir la trémie.

### Approvisionnement et gestion des copeaux de bois

Les granules de bois sont livrés en vrac par un service de livraison de granules disposant d'un camion souffleur (figure 9). Les granules sont stockés sur les lieux dans un silo agricole, à côté du bâtiment où se trouve la chaudière aux granules de bois. Les copeaux sont automatiquement acheminés à la chaudière au besoin (figure 33).

### Leçons retenues

Voici quelques-unes des leçons retenues à Abbey Gardens :

- Les chaudières à granules sont des systèmes très fiables qui demandent un entretien minime, et le fonctionnement quotidien est facile et pratique.
  - Les nouvelles chaudières à granules sont hautement efficaces, produisent très peu de cendres et fournissent de la chaleur à faible coût.
  - Les nouveaux systèmes de biothermie sont des systèmes mécaniques évolués qui ont la même fonctionnalité que les systèmes aux combustibles fossiles, y compris une fiabilité et des dispositifs de commande perfectionnés qui peuvent envoyer des alertes aux utilisateurs.
- Le comptage et la facturation aux autres utilisateurs ne sont pas compliqués.
  - Il est important de choisir le bon système et le bon combustible. Ce système est grandement automatisé et nécessite très peu de main-d'œuvre, ce qui correspond très bien aux besoins d'Abbey Gardens. D'autres combustibles, comme le bois de chauffage ou les copeaux, auraient nécessité plus de travail.
  - L'entretien des systèmes de biothermie peut être donné en sous-traitance à un coût minime s'il n'y a pas de main-d'œuvre disponible à l'interne. Le nettoyage et l'enlèvement des cendres pour les systèmes aux granules demandent peu de temps et peu de travail.

### Générateur d'air chaud résidentiel au bois

**Type de système de combustion :** générateur d'air chaud au bois avec combustion de l'air secondaire

**Puissance moyenne :** 29,3 kW pour le bois (18 à 25 kW pour l'électricité)

**Date de mise en service :** 2018

**Emplacement :** Mattawa (Ontario)

**Superficie de bâtiment desservie :** 2 200 pi<sup>2</sup>

**Utilisation du bâtiment :** résidentielle

**Consommation annuelle de combustible estimée :** 3 à 4 cordes normales (érable et bouleau)

**Teneur en humidité moyenne admissible du bois de chauffage :** 20 %

**Efficacité moyenne du système :** 69 %

**Système de chauffage d'appoint :** électrique, intégré

## Résumé du projet

Ce générateur d'air chaud hybride au bois/électricité (figure 14) a été installé dans une maison de Mattawa, en Ontario, afin de remplacer un générateur d'air chaud hybride au bois/électricité vieillissant. Les propriétaires avaient accès à du bois de chauffage à bon prix auprès d'un voisin et voulaient continuer à utiliser le bois de chauffage comme combustible. Ils avaient déjà en place une zone de stockage pour le bois de chauffage et ils connaissaient bien ce combustible. Ils considéraient que la tâche de corder le bois et de préparer le petit bois d'allumage était un avantage en raison de l'exercice physique et du plaisir de travailler à l'extérieur que cela procure. Le système électrique d'appoint permet de s'assurer que la maison est toujours chaude, même si les propriétaires sont absents pendant des périodes prolongées. Le générateur d'air chaud se trouve au sous-sol et les propriétaires ont indiqué que la chaleur radiante qu'il émet chauffe le sous-sol, tandis que les conduits d'air pulsé acheminent la chaleur aux étages supérieurs.

## Gestion du bois de chauffage

Le bois de chauffage utilisé pour ce système est acheté auprès d'un voisin qui exploite une petite scierie et une entreprise de bois de chauffage. Cela tisse des liens dans la communauté et garde l'argent dans la communauté, ce qui est important pour les propriétaires du système. Après sa livraison, le bois de chauffage destiné à ce système est empilé à l'extérieur et couvert afin de le protéger contre la pluie. Le générateur d'air chaud se trouve près d'une porte d'accès au

sous-sol qui est proche de l'emplacement de stockage externe du bois de chauffage. Les propriétaires ont une petite zone de stockage à l'intérieur pour le bois qui sera brûlé à court terme, laquelle peut contenir du bois pour environ cinq à sept jours. Le générateur d'air chaud est doté d'un humidimètre afin de mesurer la teneur en humidité du bois. Ainsi, les propriétaires peuvent s'assurer de brûler uniquement du bois dont la teneur en humidité est de 20 p. 100 et ils peuvent laisser sécher plus longtemps le bois plus humide.

## Entretien et main-d'œuvre

Le plus gros du travail consiste à empiler le bois, à préparer le bois d'allumage et à entrer le bois dans la zone de stockage interne. Lorsqu'il est livré, le bois est déchargé dans l'entrée. Il faut nettoyer l'entrée et l'intérieur après avoir déplacé le bois de chauffage, là où des morceaux de bois et d'écorce se sont détachés. Il faut nettoyer les déflecteurs sur le générateur d'air chaud à l'aide d'une brosse d'acier tous les cinq à sept jours. Les cendres doivent être enlevées du bac à cendres tous les cinq à sept jours. Le nettoyage et l'enlèvement des cendres prennent environ 5 à 10 minutes. Le nouveau générateur d'air chaud est beaucoup plus efficace que l'ancien, ce qui a fait diminuer le travail, le nettoyage et l'entretien nécessaires.

## Autres solutions envisagées

On aurait pu installer plusieurs autres systèmes de combustion plutôt qu'un générateur d'air chaud au bois de chauffage, y compris un générateur d'air chaud au propane, un générateur d'air chaud à granules, une chaudière au

bois de chauffage, une chaudière aux granules ou une chaudière extérieure au bois de chauffage. Un serpentin de chauffage et un ventilateur auraient été installés dans le système de conduits afin de les utiliser avec les chaudières. Les propriétaires privilégiaient du combustible renouvelable et ont donc éliminé le propane. Les chaudières extérieures au bois de chauffage ont une efficacité d'environ 25 p. 100 et coûtent presque autant que les générateurs d'air chaud aux granules ou au bois de chauffage, lesquels sont plus efficaces. Les propriétaires avaient une source locale et fiable d'approvisionnement en bois de chauffage, et ne voulaient donc pas utiliser de granules. La chaudière au bois de chauffage aurait été plus efficace, mais considérablement plus dispendieuse à installer. L'option privilégiée a donc été un générateur d'air chaud au bois.

### Viessmann Manufacturing Company Inc.

**Emplacement :** Waterloo (Ontario)

**Type de système de combustion :**

chaudière à eau chaude aux granules

**Puissance de pointe :** 390 kW

**Date de mise en service :** 2017

**Superficie de bâtiment desservie :**  
60 000 pi<sup>2</sup>

**Utilisation du bâtiment :** siège social canadien, bureaux et entrepôt de Viessmann

**Consommation annuelle de combustible estimée :** 120 tonnes métriques

**Teneur en humidité moyenne des granules :** 10 %

**Efficacité moyenne du système :** 86 %



Figure 34. Une chaudière aux granules de bois de 390 kW installée au siège social canadien de Viessmann. (Photo : Viessmann Manufacturing Company Inc.)

**(PCI) Système de chauffage d'appoint :**  
chaudière à eau chaude à condensation au gaz naturel

#### Résumé du projet

Viessmann Manufacturing Company Inc. (Viessmann) fabrique à la fois des systèmes de chauffage au biocombustible et au combustible fossile. Afin de promouvoir l'utilisation de chaudières au biocombustible et de montrer un exemple de fonctionnement aux éventuels clients, Viessmann a installé une chaudière à eau chaude aux granules d'une puissance thermique de 390 kW à son siège social canadien de Waterloo, en Ontario (figure 34). Les granules sont stockés dans un silo externe de 35 tonnes métriques (figure 35) et automatiquement acheminés à la chaudière. La chaudière à granules de bois sert au chauffage des locaux et de l'eau chaude pour les bureaux et l'entrepôt, et remplace deux chaudières à eau chaude au gaz



naturel. En plus de fournir de la chaleur, le nouveau système sert de centre de formation pour le personnel et la clientèle et contribue à réduire les émissions de GES de l'entreprise.

### Surveillance et conformité environnementales

En 2017, l'Ontario a mis en œuvre un nouveau processus réglementaire d'octroi de permis pour les systèmes à faible risque d'émissions atmosphériques. Le nouveau programme s'appelle Registre environnemental des activités et des secteurs (REAS) (Règlement 1/17). En même temps, la province a publié la Ligne directrice A-14 qui donne de l'information sur l'octroi de permis pour les petits dispositifs de combustion au bois (SWFC) d'une capacité d'apport thermique nominal de moins de 3 MW. L'objectif de ces nouvelles initiatives est de réduire le coût, le temps et la complexité liés à

l'octroi de permis environnementaux pour les émissions atmosphériques à faible risque. Pour plus de détails sur la réglementation relative aux émissions atmosphériques, consulter la section 8.4. Le système de Viessmann répondait aux conditions énoncées afin d'utiliser les nouveaux processus d'octroi de permis REAS et de la Ligne directrice A-14 reposant principalement sur les dimensions de la chaudière à granules, la qualité supérieure des granules utilisés avec le système, et l'utilisation du bâtiment.



Figure 35. Un silo de 35 tonnes métriques est utilisé pour contenir les granules de bois au siège social canadien de Viessmann. (Photo : Viessmann Manufacturing Company Inc.)

## Leçons retenues

- La conception du système et du matériel de qualité supérieure contribue à assurer un fonctionnement sans problèmes.
- Pour la réussite, il est essentiel d'avoir une collaboration entre les promoteurs du système, les concepteurs, les fournisseurs et les organismes de réglementation.
- Il faut obtenir des sources de combustible fiables dès le début du projet, et cela devrait être un élément clé de l'étude de faisabilité du projet.
- La compréhension des processus et exigences réglementaires réduit les coûts et le temps associés à l'obtention de permis, et il faut parvenir à cette compréhension lors de l'étude de faisabilité du projet.
- De nombreux entrepreneurs en mécanique manquent d'expérience et d'expertise technique pour les systèmes de biothermie.
- Il n'a pas été possible d'avoir un système aux copeaux de bois, car il n'y avait pas d'approvisionnement local en copeaux de bois répondant à la qualité exigée.

## **| ANNEXE C : RESSOURCES ADDITIONNELLES**

Les documents et sites Web suivants constituent des ressources utiles pour ceux qui souhaitent avoir plus d'information sur la biothermie.

### **Autres guides et ressources générales sur la biothermie**

Appropriate Designs. (2018). *Design assistance manual for high-efficiency, low-emissions biomass boiler systems*. Albany, NY : New York State Energy Research and Development Authority. Extrait de <https://www.nyserda.ny.gov/-/media/Files/EERP/Renewables/Biomass/Design-Assistance-Biomass-Boiler.pdf>

Becker, D., Lowell, E., Bihn, D., Anderson, R., et Taff, S. (2014). *Community biomass handbook. Volume I: Thermal wood energy* (Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-899). Portland, OR : département de l'Agriculture des États-Unis, Service des forêts. Extrait de <https://www.fs.usda.gov/treearch/search?keywords=%22community+biomass+handbook%22>

Vermont Energy Investment Corporation. (n.d.). *Biomass Energy Resource Center*. Extrait de <https://www.biomasscenter.org/>

### **Chauffage aux granules résidentiel et des petits bâtiments commerciaux**

Arctic Energy Alliance. (2012). *Residential wood pellet heating: A practical guide for homeowners*. Yellowknife, NT : Arctic Energy Alliance. Extrait de <http://aea.nt.ca/files/download/562>

Société canadienne d'hypothèques et de logement. (2002). *Le guide du chauffage résidentiel*. Ottawa, Ont. : Société canadienne d'hypothèques et de logement et Ressources naturelles Canada. Extrait de [http://publications.gc.ca/collections/collection\\_2009/schl-cmhc/NH15-436-2008E.pdf](http://publications.gc.ca/collections/collection_2009/schl-cmhc/NH15-436-2008E.pdf)

Northern Forest Center, Inc. (n.d.). *Feel Good Heat*. Extrait de <https://feelgoodheat.org/>

### **Biocombustibles**

Groupe CSA. *Guide to wood chip fuel: Characteristics, supply, storage and procurement* (Rapport SPE-2254). <https://webstore.ansi.org/standards/csa/csaspe22542019>

Marinescu, M. (2013). *Critical biomass attributes of the most common bioenergy and biofuel application* (Advantage Report, Vol. 14, No. 3). FPInnovations.

Volpé, S. (2018). *Best management practices guide for access to quality forest feedstocks* (publication en série SP-534). Pointe-Claire, Qc : FPInnovations.

## Études de cas additionnelles

Bihn, D. (2016). *Community biomass handbook. Volume 3: How wood energy is revitalizing rural Alaska* (Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-949). Portland, OR : département de l'Agriculture des États-Unis, Service des forêts. Extrait de <https://www.fs.usda.gov/treesearch/search?keywords=%22community+biomass+handbook%22>

International Energy Agency Bioenergy Task 32 Biomass Combustion and Co-Firing (n.d.) *Bioenergy for heat: the hot cases*. Extrait de <http://task32.ieabioenergy.com/publications/bioenergy-for-heat-the-hot-cases/>

## Chauffage centralisé

Community Energy Association. (2013). *Small-scale biomass district heating guide*.

Vancouver, C.-B. : Community Energy Association. Extrait de <https://www.toolkit.bc.ca/Resource/Small-scale-Biomass-District-Heating-Guide>

Community Energy Association. (2014). *Small-scale biomass district heating handbook*.

Vancouver, C.-B. : Community Energy Association. Extrait de <http://www.toolkit.bc.ca/Resource/Small-Scale-Biomass-District-Heating-Handbook>

## Production combinée de chaleur et d'électricité

Neave, E. (2013). *Biomass heating and electricity production: A guidebook for rural communities in Canada*. Kemptville, Ont. : Réseau canadien de forêts modèles.

Schilling, C., Marinescu, M., et Röser, D. (2017). *Small-scale combined heat and power (CHP): Part I – A primer* (Info Note No. 13). Pointe-Claire, Qc. : FPInnovations.

Schilling, C., Marinescu, M., et Röser, D. (2017). *Small-scale combined heat and power (CHP): Part III: Technical and economic of biomass supply chains for small-scale CHP systems under 165 kWel* (Info Note No. 15). Pointe-Claire, Qc. : FPInnovations.

Schilling, C., Marinescu, M., Spencer, S., et Röser, D. (2017). *Small-scale combined heat and power (CHP): Part II: Technical and economic aspects of small-scale CHP systems under 165 kWel* (Info Note No. 14). Pointe-Claire, Qc. : FPInnovations.

Schilling, C., Sigurdson, P., Marinescu, M., et Röser, D. (2017). *Small-scale combined heat and power (CHP): Part IV: Organic Rankine cycle CHP systems* (Info Note No. 16). Pointe-Claire, Qc. : FPInnovations.

## Calculatrices d'énergie thermique du bois

Biomass Thermal Energy Council. (2018). Wood energy financial calculator [Logiciel]. <http://calculator.biomassthermal.org/>

FPInnovations. (2018). FPJoule [Logiciel].

Ressources naturelles Canada (2018). Logiciel de gestion d'énergies propres RETScreen [Logiciel]. <https://www.rncan.gc.ca/energie/retscreen/7466?ga=2.47219047.1187924557.1576415930-139122299.1497880879>

## Émissions de la biothermie

Ministère de l'Environnement et de l'Action en matière de changement climatique de l'Ontario. (2016). Émissions atmosphériques des petits dispositifs de combustion au bois. Dans *Background and rationale for the development of a guideline for the control of air emissions from small wood-fired combustors with a heat capacity of less than 3 MW* (Ligne directrice A-14) (88–108). Toronto, Ont. : gouvernement de l'Ontario. Extrait de [http://www.downloads.ene.gov.on.ca/envision/env\\_reg/er/documents/2016/012-7760\\_rationale.pdf](http://www.downloads.ene.gov.on.ca/envision/env_reg/er/documents/2016/012-7760_rationale.pdf)

## Biothermie et changements climatiques

Apps, M. J., Bernier, P. Y., et Bhatti, J. S. (2006). Forests in the global carbon cycle: Implications of climate change. Dans J. S. Bhatti, R. Lal, M. J. Apps, et M. A. Price (Éd.), *Climate change and managed ecosystems* (175–200). Boca Raton, FL : CRC Press et Taylor & Francis Group.

Lemprière, T. C., Kurtz, W. A., Hogg, E. H., Schmoll, C., Rampley, G. J., Yemshanov, D., Krcmar, E. (2013). Canadian boreal forests and climate change mitigation. *Environmental Reviews*, 21(4): 293–321. Extrait de <https://www.nrcresearchpress.com/doi/full/10.1139/er-2013-0039#.XIFU9GdYa3g>

## Aménagement forestier durable au Canada et en Ontario

Ressources naturelles Canada (2018a). *L'État des forêts au Canada – Rapport annuel 2018*. Ottawa, Ont. : Ressources naturelles Canada. Extrait de <https://www.rncan.gc.ca/nos-ressources-naturelles/forets-foresterie/letat-forets-canada-rapport-annuel-2018/16497?ga=2.11069428.1187924557.1576415930-139122299.1497880879>

Ministère des Richesses naturelles et des Forêts de l'Ontario. (2016). *Rapport sur l'état des forêts de l'Ontario – Les forêts (2016)*. Sault Ste. Marie, Ont. : Imprimeur de la Reine pour l'Ontario. Extrait de <https://www.ontario.ca/page/state-ontarios-natural-resources-forests-2016>

## Bureaux de district du ministère des Richesses naturelles et des Forêts

Cliquez sur le lien Web ci-dessous afin d'obtenir la carte indiquant tous les bureaux de district du ministère des Richesses naturelles et des Forêts

<https://www.ontario.ca/fr/page/bureaux-regionaux-et-de-district-du-ministere-des-richesses-naturelles-et-des-forets>

District	Demande de renseignements généraux
Aurora	905 713-7400
Aylmer	519 773-9241
Bancroft	613 332-3940
Chapleau	705 864-1710
Cochrane	705 272-4365
Dryden	807 223-3341
Fort Frances	807 274-5337
Guelph	519 826-4955
Hearst	705 362-4346
Kemptville	613 258-8204
Kenora	807 468-2501
Kirkland Lake	705 568-3222
Midhurst	705 725-7500
Nipigon	807 887-5000
North Bay	705 475-5550
Parry Sound	705 746-4201
Pembroke	613 732-3661
Peterborough	705 755-2001
Red Lake	807 727-2253
Sault Ste. Marie	705 949-1231
Sioux Lookout	807 737-1140
Sudbury	705 564-7823
Thunder Bay	807 475-1471
Timmins	705 235-1300
Wawa	705 856-2396

## Bureaux régionaux du ministère de l'Environnement, de la Protection de la nature et des Parcs

Cliquez sur le lien Web ci-dessous afin d'obtenir les coordonnées des bureaux de district et régionaux du ministère de l'Environnement, de la Protection de la nature et des Parcs :

<https://www.ontario.ca/fr/environnement-et-energie/localisateur-des-districts-du-ministere-de-lenvironnement>

Région	Demande de renseignements généraux
Centre – Toronto	416 326-6700
Est – Kingston	613 549-4000
Nord – Thunder Bay	807 475-1205
Sud-ouest – London	519 873-5000
Centre Ouest – Hamilton	905 521-7640

