

CHAUFFAGE À LA BIOMASSE FORESTIÈRE



Par:

Service Forêt-Énergie, filiale de la Fédération québécoise des coopératives forestières

Mars 2018

Remerciements

Ce portrait sommaire des principaux aspects techniques, économiques, environnementaux et sociaux associés à l'utilisation de la biomasse forestière est tiré de nombreux documents réalisés par différents collaborateurs et collaboratrices avec qui la Fédération québécoise des coopératives forestières a travaillé au cours des dix dernières années. Plusieurs photos présentées proviennent aussi de ces collaborations. Nous tenons donc à remercier tous ceux et celles qui reconnaîtront leur apport à ce document et plus particulièrement, Amélie St-Laurent-Samuel, Nature Québec, Evelyne Thiffault, Université Laval, Luc Desrochers, FPInnovations ainsi que le personnel de la Coopérative forestière de la Matapédia.

Rédaction

Eugène Gagné, ing.f., dir. adj. et du développement, Fédération québécoise des coopératives forestières (FQCF)

Louka Thibeault, ing., conseiller en énergie, Service Forêt-Énergie

Révision linguistique

Caroline Larochelle et Cathy Gagnon, secrétaires et réceptionniste, Fédération québécoise des coopératives forestières (FQCF)

Contacts

Eugène Gagné, ing.f. dir. adj. et dir. du développement Fédération québécoise des coopératives forestières 3375 Chemin Sainte-Foy, bureau 350 Québec (Québec) G1X 1S7 418 651-0388, poste 330 e.gagne@fgcf.coop

Louka Thibeault, ing., conseiller en énergie Service Forêt-Énergie 3375 Chemin Sainte-Foy, bureau 350 Québec (Québec) G1X 1S7 418 651-0388, poste 327 Ithibeault.sfe@fqcf.coop

Table des matières

Table des matières	ii
1 INTRODUCTION	
2 LES BÉNÉFICES DE L'UTILISATION DE LA BIOMASSE FORESTIÈR	E 11
2.1 Bénéfices économiques	11
2.1.1 Réduction des coûts de chauffage	11
2.1.2 Maintien et création d'emplois + balance commerciale	
2.2 Bénéfices environnementaux	
2.2.1 Réduction des émissions de gaz à effet de serre	13
2.3 Bénéfices sociaux	
2.3.1 Indépendance énergétique	
2.3.2 Sécurité énergétique	15
3 LE COMBUSTIBLE	15
3.1 Disponibilité annuelle de la ressource	
3.2 Types	
7.	
3.2.1 Plaquette	
3.2.2 Granulé	
3.3 Caractéristiques	20
3.3.1 Pouvoir calorifique inférieur (PCI)	20
3.3.2 Granulométrie	21
3.3.3 Masse volumique	22
3.3.4 Contaminants et cendre	24
3.4 Chaines d'approvisionnement	24
4 LA CHAUFFERIE AUTOMATISÉE	
4.1 Réserve de combustible	
4.2 Système d'alimentation	
4.3 Chaudière	30
4.3.1 Types de foyer	30
4.3.2 Échangeur de chaleur	31
4.3.3 Système de traitement des fumées et de récupération des particules fines	32
4.3.4 Extraction de la cendre	
4.3.5 Système de contrôle de la combustion et des autres équipements	34
4.3.6 Système de distribution d'énergie	34
E LE DÉCEAU DE CUALEUD	25
5 LE RÉSEAU DE CHALEUR	
5.1 Fonctionnement et composantes	35
6 OPÉRATION ET MAINTENANCE	25
7 DES EXEMPLES DE PROJETS	

8 CO	NCLUSION	48
7.6	Étapes de réalisation d'un projet de conversion	47
7.5	Analyse préliminaire pour un réseau de chaleur de plusieurs bâtiments	
7.4	Analyse préliminaire pour un cas à construire	44
7.3	Analyse préliminaire pour un cas existant	41
7.2	Programmes d'aide	40
7.1	Conditions favorables à l'implantation	39

Liste des tableaux

Tableau 1 – Normes d'émissions de particules pour appareil de combustion 32
Tableau 2 – Estimation préliminaire du coût : projet biomasse – cas existant 43
Tableau 3 – Estimation préliminaire du coût : projet biomasse – cas à construire45
Tableau 4 – Comparaison d'une chaufferie biomasse centrale fonctionnant au
granule vs plaquettes 47

Liste des figures

Figure 1 – Comparaison des couts de l'energie pour le chauπage	. 12
Figure 2 – Comparaison : scénario de référence (combustible fossile) et scénario bioénergie .	.14
Figure 3 – Composition de la biomasse forestière résiduelle	.15
Figure 4 – Biomasse de CRD	.16
Figure 5 – Plaquettes forestières	.18
Figure 6 - Granulé standard	.19
Figure 7 – Granulé torréfié produit par Airex Énergie inc	.19
Figure 8 – Variation du PCI inférieur en fonction de la teneur en eau de la biomasse	.20
Figure 9 – Exemple de normes granulométriques applicables à la plaquette	.22
Figure 10 – Conditionnement à l'air libre et sous abri	.25
Figure 11 – Schéma des composantes d'une chaufferie automatisée	.26
Figure 12 – Réserve de plain-pied avec racleurs carrossables, CSSS de Kamouraska	.28
Figure 13 – Réserve en fosse avec pont de déchargement, CSSS Montmagny	.28
Figure 14 – Exemple de réserve en fosse avec dessileur rotatif	.29
Figure 15 – Réserve en fosse avec toit rétractable, Saint Gilbert	.29
Figure 16 – Systèmes d'alimentation – Désilleur avec vis et racleurs	.30
Figure 17 – Remorque adaptée à l'extraction automatisée de la cendre	.34
Figure 18 – Schéma d'un réseau de chaleur	.35
Figure 19 – Multi logements français chauffé avec de la biomasse	.36
Figure 20 – Chaufferie à la biomasse de la Cité Verte de Québec	.37
Figure 21 – Alimentation en granule entre le silo (réserve) et les chaudières	.37
Figure 22 – Vue de trois des quatre chaudières à la biomasse de 1 250 kW de la Cité Verte	.38
Figure 23 – Salle de contrôle des équipements de production de chaleur – Cité Verte	.38
Figure 24 – Vue aérienne du multi logements – analyse préliminaire d'un cas existant	.41
Figure 25 – Vue en 3D du multi logements, de la chaufferie modulaire et de la réserve	.42
Figure 26 – Modèle de chaudière en cascade fonctionnant au granule de bois	.42
Figure 27 – Modèle de chaudière en cascade fonctionnant au granule de bois	.43
Figure 28 – Blocage d'espace - Installation de chaudières (2 x 56 kW) à granule de bois	.44
Figure 29 – Exemple d'un réseau de chaleur potentiel	.46

Liste des annexes

ANNEXE 1 – Schéma de principe – réseau chaufferie biomasse et chaufferie existante

Glossaire

Biomasse forestière résiduelle: La biomasse forestière résiduelle est un terme général utilisé pour représenter trois grandes catégories de produits de bois issus d'activités de récolte, de transformation ou associées à des travaux de construction. Ainsi, lors de la récolte d'un arbre, aux fins d'approvisionnement d'une scierie pour la fabrication de bois de construction, de meubles, planchers ou autres, les parties de l'arbre, qui ne pouvent être utilisées (courbure, faible diamètre, branche, etc.) par la scierie et qui sont généralement abandonnées en forêt, constituent la biomasse forestière résiduelle. À la scierie, la sciure, les copeaux, les écorces et la raboture font aussi partie de la biomasse forestière résiduelle. Enfin, lors de travaux de construction, de rénovation ou de démolition, toutes les composantes en bois sont également considérées comme étant de la biomasse forestière résiduelle.

Chaudière: Une chaudière est un équipement muni d'un foyer, où s'effectue la combustion et la production de chaleur, et d'un échangeur thermique permettant à la chaleur produite d'être transférée à un liquide (eau ou mélange eau/glycol). Ce liquide (eau chaude ou vapeur) est alors transporté vers les équipements de distribution (calorifère, aérotherme ou autres) de l'énergie dans les pièces ou lieux nécessitant du chauffage.

Circuit-court : Un circuit-court est un terme utilisé pour indiquer qu'un bien est produit localement et consommé localement. C'est généralement le cas pour la biomasse forestière résiduelle contrairement aux combustibles fossiles, lesquels proviennent de l'extérieur du Québec.

Générateur d'air chaud : Le générateur d'air chaud ou fournaise est l'équivalent de la chaudière à la différence que l'échange thermique se fait avec de l'air plutôt qu'avec un liquide. Un système de conduits d'air chaud transporte la chaleur produite dans l'ensemble du bâtiment.

Granulé: Le granulé est du bois réduit en poudre, séché et compressé pour le densifier. Il se présente sous forme d'un petit cylindre d'une longueur variant de 1,5 à 4 cm.

Groupe électrogène : Un groupe électrogène ou génératrice est un équipement servant à produire de l'électricité à partir d'un moteur alimenté avec de l'essence ou du diesel.

Masse volumique: La masse volumique ou densité volumique représente la masse d'un composé d'un volume donné. Elle est généralement exprimée en kg/m³.

Plaquette : La plaquette est un combustible de bois qui se présente sous forme de copeaux de différentes dimensions et de différentes caractéristiques. Chaque type ou catégorie de chaudières demande une plaquette qui lui est appropriée et qui correspond à certaines normes.

Acronymes utilisés

ASME: Société américaine d'ingénieurs en mécanique (American Society of Mechanical Engineers)

BTU : British Thermal Unit (unité de mesure d'énergie thermique)

CECOBOIS: Centre d'expertise sur la construction commerciale en bois

CO2: symbole chimique correspondant au gaz carbonique

CQCH: Confédération québécoise des coopératives d'habitation

CRD : Construction, rénovation et démolition (résidus de bois)

CSA: Association canadienne de normalisation (Canadian Standards Association)

CSSS: Centre de santé et de services sociaux

CTCB : Centre de transformation et de conditionnement de la biomasse forestière

°C : Degré Celsius

FPFQ: Fédération des propriétaires forestiers du Québec **FQCF**: Fédération guébécoise des coopératives forestières

GES: Gaz à effet de serre

GJ : Gigajoule (unité de mesure d'énergie)

Hº: taux d'humidité

kJ: Kilojoule (unité de mesure d'énergie)

kg: Kilogramme

kg/m³: Kilogramme par mètre cube (unité de mesure de la densité)

kPa: Kilopascal

kW : Kilowatts (unité de mesure de la puissance)kWh : Kilowatts-heure (unité de mesure d'énergie)

M: Million (million de tmv ou tma ou \$, etc.)

mm: Millimètre

m³app./m³s: Mètre cube apparent par mètre cube solide (espace total occupé par un produit incluant l'air contenu entre les composantes du produit par rapport à l'espace occupé par le produit seul)

MDDELCC : Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

MFFP: Ministère des Forêts de la Faune et des Parcs

MJ: Mégajoules (unité de mesure d'énergie)

MW : Mégawatts (unité de mesure de la puissance)

NOx: Différents oxydes d'azote

OPAC: Offices publics d'aménagement et de construction (organisme français)

PCI : Pouvoir calorifique inférieur **PCS** : Pouvoir calorifique supérieur

SPEDE : Système de plafonnement et d'échanges de droits d'émissions du gouvernement du Québec

TEQ : Transition énergétique Québec (organisme gouvernemental québécois responsable des programmes d'efficacité énergétique et du développement)

t: tonne de 2 000 livres

t éq.CO₂: Tonne équivalente en gaz carbonique tm: Tonne métrique sans égard au taux d'humidité

tma: Tonne métrique anhydre

tmv: Tonne métrique verte (un arbre fraîchement coupé dit « vert » a un taux d'humidité d'environ 50 %)

VBQ: Vision Biomasse Québec

Table d'équivalences

Énergie

```
1 kWh = 3 412 BTU

1 kWh = 3 600 kilojoule (kJ)

1 kWh = 3,6 mégajoule (MJ)

1 kWh = 0,0036 gigajoule (GJ)

1 MJ = 0,2777 kWh

1 GJ = 277,77 kWh
```

Pouvoir calorifique supérieur (PCS)

Références : Transition énergétique Québec pour les combustibles fossiles et FPInnovations pour la biomasse)

Combustibles fossiles

```
1 litre de mazout léger = 10,69 kWh
1 litre de propane = 7,03 kWh
1 m³ de gaz naturel = 10,53 kWh
```

Biomasse

```
1 kg de plaquette anhydre (H<sup>0</sup> = 0 %) = 5,69 kWh

1 tma de plaquette = 5 690 kWh

1 tmv (H<sup>0</sup> = 50 %) = 2 545 kWh

1 tm H<sup>0</sup> = 30 % = 3 803 kWh

1 kg de granulé (H<sup>0</sup> = 6,5 %) = 5,27 kWh

1 tm de granulé (H<sup>0</sup> = 6,5 %) = 5 270 kWh

1 t de granulé (H<sup>0</sup> = 6,5 %) = 4 780 kWh
```

Pouvoir calorifique supérieur (PCI)

Références : Ressources naturelles Canada pour les combustibles fossiles et FPInnovations pour la biomasse)

Combustibles fossiles

```
1 litre de mazout léger = 10,03 kWh
1 litre de propane = 6,47 kWh
1 m³ de gaz naturel = 9,37 kWh
```

Biomasse

```
1 kg de plaquette anhydre (H<sup>0</sup> = 0 %) = 5,33 kWh

1 tma de plaquette = 5 330 kWh

1 tmv (H<sup>0</sup> = 50 %) = 2 365 kWh

1 tm H<sup>0</sup> = 30 % = 3 551 kWh

1 kg de granulé (H<sup>0</sup> = 6,5 %) = 4,94 kWh

1 tm de granulé (H<sup>0</sup> = 6,5 %) = 4 940 kWh

1 t de granulé (H<sup>0</sup> = 6,5 %) = 4 490 kWh
```

1 INTRODUCTION

Au Québec, la production d'énergie thermique (chauffage), à partir de l'utilisation de la biomasse forestière (plaquette ou granulé), suscite de plus en plus d'intérêt. En effet, cette source d'énergie et ce mode de chauffage avec des équipements complètement automatisés intéressent un nombre croissant de gestionnaires de bâtiments institutionnels et commerciaux. De même, de nombreuses industries, dont la consommation énergétique de leurs procédés utilisant la vapeur, l'eau chaude ou la chaleur, est grande s'y intéressent particulièrement. En fait, ces industries considèrent qu'il est particulièrement avantageux de remplacer des systèmes de chauffage fonctionnant aux énergies fossiles (mazout ou gaz) par des chaudières qui utiliseront un combustible vert, économique et abondant dans la majorité des régions du Québec. Si la biomasse forestière offre de nombreux atouts en tant que combustible, c'est, entre autres, parce que les technologies modernes permettent d'en tirer le meilleur parti possible.

La Confédération québécoise des coopératives d'habitation (CQCH) s'intéresse à l'intégration de bonnes pratiques de développement durable dans les coopératives d'habitation. Des travaux ont été menés avec CECOBOIS afin de voir comment intégrer plus de bois dans les bâtiments d'habitation, un matériau permettant de stocker du carbone en plus de permettre d'éviter des émissions lorsqu'il substitue de l'acier ou du béton. La CQCH voit aussi une opportunité d'améliorer le bilan carbone des bâtiments d'habitation en utilisant la biomasse forestière pour le chauffage en remplacement des énergies fossiles. C'est dans ce contexte que la CQCH a demandé à la Fédération québécoise des coopératives forestières (FQCF), fortement impliquée dans le développement de la filière de la chauffe à la biomasse forestière depuis une dizaine d'années, de lui tracer sommairement les principaux aspects techniques, économiques, environnementaux et sociaux associés à l'utilisation de la biomasse forestière. De plus, le mandat comporte également une analyse des conditions gagnantes au succès d'un projet de conversion ainsi que quelques exemples de projets.

2 LES BÉNÉFICES DE L'UTILISATION DE LA BIOMASSE FORESTIÈRE

L'utilisation de la biomasse forestière¹ pour la production de chaleur offre de nombreux bénéfices tel que présentés ci-dessous. Il est aussi intéressant de noter que cette filière bioénergétique de l'utilisation de la biomasse forestière arrive en tête de peloton, devant la production de biocarburant ou de biogaz, et aussi devant la génération d'électricité pour ce qui est du bilan énergétique (filière ayant le meilleur ratio : énergie dépensée pour obtenir une unité d'énergie utilisable). Cette même filière est aussi celle qui a le plus d'impact sur la réduction des émissions de gaz à effet de serre lorsqu'elle substitue des combustibles fossiles.

2.1 Bénéfices économiques

2.1.1 Réduction des coûts de chauffage

Le biocombustible solide (plaquette ou granule), produit à partir de la biomasse forestière, a un coût très compétitif par rapport aux énergies conventionnelles. Il s'agit d'une ressource abondante, renouvelable, disponible dans toutes les régions forestières du Québec. Son utilisation exige cependant des investissements plus élevés en matière d'immobilisations. Les coûts d'opération et d'entretien sont également supérieurs à ceux des énergies conventionnelles. Néanmoins, si l'on tient compte de l'ensemble des coûts, l'utilisation de la biomasse est, pour de nombreux projets, moins dispendieuse que les énergies conventionnelles.

La figure 1 compare les coûts totaux des énergies conventionnelles à ceux de la biomasse forestière. On peut constater que les biocombustibles, plaquettes (0,033 \$/kWh) et granules (0,056 \$/kWh) sont très compétitifs.

De plus, ce qui démarque véritablement la biomasse, c'est la stabilité de son coût à court, moyen et long termes. En effet, l'amortissement des immobilisations est un coût stable dans le temps. De plus, les équipements de qualité ont une durée de vie beaucoup plus longue (± 25 à 30 ans) que les périodes normalement utilisées pour calculer l'amortissement (± 10 ou 15 ans). Le coût d'entretien et d'opération fluctuera peu, car il devrait suivre l'indice des prix à la consommation. Enfin, le coût de la biomasse, particulièrement celui de la plaquette, n'est pas soumis aux importantes fluctuations qui caractérisent le prix des énergies fossiles sur le plan international. On le voit : la solution biomasse est garante d'une grande stabilité du coût énergétique dans l'avenir.

La compétitivité de la biomasse forestière est appelée à s'accroître au cours des prochaines années si on considère les mesures mises en place pour lutter contre les changements climatiques. En effet, les combustibles fossiles sont soumis au Règlement

.

¹ Voir la définition de biomasse forestière au glossaire

sur le système de plafonnement et d'échanges de droits d'émission du gouvernement du Québec (SPEDE). En vertu du règlement, tous les grands distributeurs d'énergies fossiles doivent payer des droits (crédits carbone), depuis le premier janvier 2015, dont le prix minimal est augmenté annuellement de 5 % + le taux d'inflation. Actuellement, le prix minimal est de 18,72 \$/ t éq.CO2. De son côté, le gouvernement fédéral a instauré une taxe carbone pour les provinces qui n'ont pas de système en place et celle-ci, en vigueur en 2018 au taux de 10 \$/ t éq.CO2, doit atteindre 50 \$ en 2022. La figure qui suit montre une projection de cet impact, en plus de présenter les coûts des différentes énergies conventionnelles selon les trois éléments suivants : le coût du combustible ou de l'électricité, les coûts d'entretien et d'opération et les coûts de l'immobilisation.

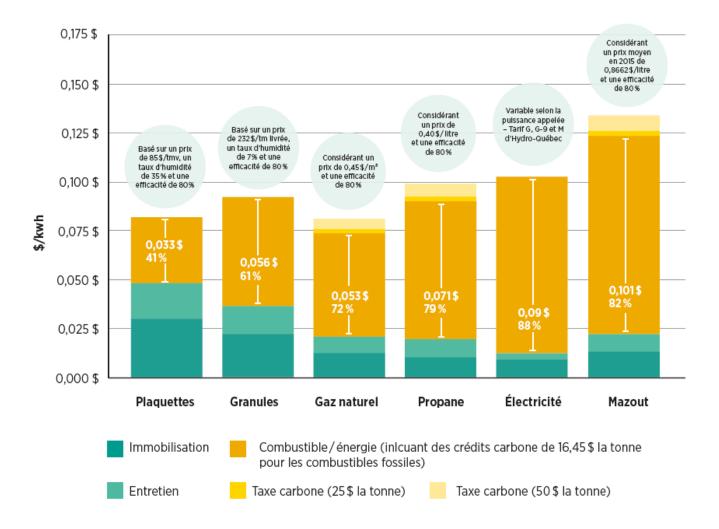


Figure 1 – Comparaison des coûts de l'énergie pour le chauffage

Référence : Tirée de « La région de la Capitale-Nationale, un futur leader de la biomasse forestière »

2.1.2 Maintien et création d'emplois + balance commerciale

L'utilisation de la biomasse forestière dans la filière de la chauffe génère beaucoup d'activité économique localement et elle est créatrice de nombreux emplois. Basée sur les données de Vision Biomasse Québec² (VBQ), l'utilisation de 10 000 tonnes métriques anhydres³ (tma) de biomasse forestière permettrait la création de 125 emplois, en phase de construction des chaufferies, et 36 emplois récurrents, en approvisionnement et opération de chaufferies.

La biomasse forestière étant une énergie produite et consommée sur des circuits-courts, la quasi-totalité des retombées économiques associées à son utilisation bénéficiera au Québec et même localement, là où se situe les consommateurs. Par ailleurs, on sait que le mazout, le propane et le gaz naturel proviennent de l'extérieur du Québec et leur utilisation entraîne des sorties de capitaux importantes affectant la balance commerciale de la province.

2.2 Bénéfices environnementaux

2.2.1 Réduction des émissions de gaz à effet de serre

La biomasse forestière est une ressource qui se renouvelle constamment en appliquant les bonnes pratiques de récolte prescrites. Son utilisation en combustion modifie très peu son cycle normal de recirculation des éléments qui la composent. En effet, la photosynthèse, qui permet aux plantes et aux arbres de se nourrir et de croître, absorbe du gaz carbonique (CO₂) et de l'eau. Lors de la combustion ou de la décomposition au sol, ces éléments sont retournés dans l'environnement. Lorsqu'on compare les deux processus, la différence est essentiellement que la combustion est un processus plus rapide que celui de la décomposition. Dans le cas des combustibles fossiles, la combustion dégage aussi rapidement du gaz carbonique (CO₂) à l'atmosphère, mais le recyclage de ce gaz, en de nouveaux combustibles fossiles, est un processus s'étalant sur des millions d'années. La figure suivante illustre ces processus.

-

² http://visionbiomassequebec.org/?page_id=10

 $^{^3}$ Une tonne métrique anhydre (tma) ou sèche (0% d'humidité) contient 5 330 kWh d'énergie. Si on considère une efficacité de 80 % de conversion à la chaudière, 10 000 tma correspondraient à l'énergie utilisée en chauffage par environ 165 bâtiments d'habitation consommant de \pm 32 000 litres de mazout ou 34 500 m³ de gaz naturel chacun.

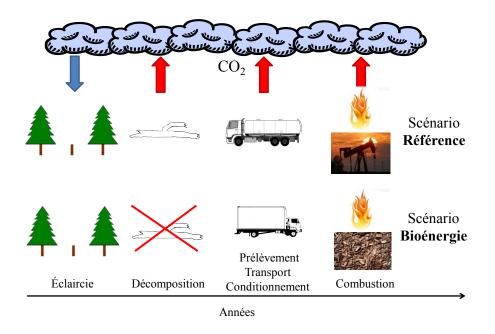


Figure 2 - Comparaison : scénario de référence (combustible fossile) et scénario bioénergie

On peut noter, à la figure 2 ci-dessus, que le scénario bioénergie permet de remplacer le CO₂, normalement émis lors de la décomposition de la biomasse forestière laissée au sol, par le même CO₂ qui sera émis lors de la combustion de cette biomasse, alors récupérée et acheminée à une chaufferie. Dans un cas comme dans l'autre, ce CO₂ sera recyclé et réabsorbé par les arbres qui repoussent. Dans le scénario de référence (utilisation de combustible fossile), le CO₂ de la décomposition est, bien entendu, aussi émis, mais le CO₂ émis par les combustibles fossiles s'ajoute et ira s'accumuler dans l'atmosphère.

2.3 Bénéfices sociaux

2.3.1 Indépendance énergétique

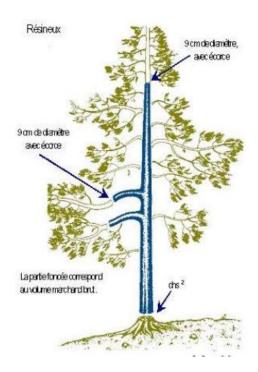
La biomasse forestière étant une énergie locale, elle est très peu ou pas influencée par les marchés internationaux contrairement aux énergies fossiles. Les coûts de chauffage du bâtiment de la coopérative et ses membres locataires seront bas et très stables dans le temps.

2.3.2 Sécurité énergétique

Le chauffage à la biomasse offre une grande sécurité énergétique. En effet, le réseau de distribution est local et très peu vulnérable aux aléas climatiques (crise du verglas) ou aux conflits internationaux qui peuvent engendrer des difficultés d'approvisionnement. Un groupe électrogène de capacité adaptée, qui permet de produire l'électricité relativement faible, requise à faire fonctionner les chaudières ou les générateurs d'air chaud utilisés pour le chauffage des bâtiments, suffit pour répondre aux besoins en chauffage en tout temps.

3 LE COMBUSTIBLE

La biomasse forestière peut être de différentes origines. Elle est généralement classée selon trois grands groupes: la biomasse forestière résiduelle, récupérée lors de la récolte d'un peuplement forestier, les produits conjoints de la première transformation du bois (scierie) et les résidus issus des travaux de construction, rénovation et démolition (CRD). La figure suivante montre les portions d'un arbre qui constituent la biomasse forestière résiduelle selon la définition du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP). Étant donné l'abondance de biomasse forestière au Québec, en pratique, seules les portions de tronc de faible diamètre, avec des courbes ou affectées de défauts les rendant inutilisables par l'industrie de la transformation sont utilisées actuellement.



Biomasse considérée:

Les arbres, arbustes, cimes, branches et feuillages ne faisant pas partie de la possibilité forestière (souches et racines exclues).

Figure 3 – Composition de la biomasse forestière résiduelle

Source: Tirée de L'Allier (2011)

Les produits conjoints du sciage sont les écorces, les sciures, les rabotures et les copeaux. Les écorces sont utilisées dans des chaudières industrielles alors que les autres produits sont utilisés par les papetières, les fabricants de panneaux et les usines de fabrication de granule de bois.

Les résidus issus des travaux de construction, rénovation et démolition (CRD) peuvent se présenter selon trois produits différents, soit le grade 1 (excluant toute forme de contaminant), le grade 2 (faiblement contaminé) et le grade 3 (fortement contaminé). Les chaudières de moins de 3 mégawatts (MW), situation généralement observée dans les bâtiments de type « multi logements », ne peuvent utiliser de biomasse contenant des contaminants. Par ailleurs, il est très difficile de s'assurer que les centres de tri soient en mesure de bien ségréguer les différents grades mentionnés et de ne fournir que le grade 1. De plus, vu la nature des CRD, ceux-ci doivent être fragmentés avec des broyeurs et cela conduit à la fabrication d'un produit filamenteux ayant un taux élevés de particules fines. Pour ces raisons, l'utilisation de biomasse ayant pour origine des résidus de CRD n'est pas recommandée pour le type de projet des coopératives d'habitation.



Figure 4 - Biomasse de CRD

3.1 Disponibilité annuelle de la ressource

La biomasse forestière résiduelle sous forme de plaquette ou de granule de bois est encore peu utilisée au Québec alors que la disponibilité de la ressource et les capacités de production sont très importantes. Selon le Forestier en chef du Québec, il y a 15,6 millions (15,6 M) de tonnes métriques vertes (humides) produites annuellement dans la forêt publique⁴ sous aménagement. La proportion de tronc incluse dans cette quantité est d'environ 40 %. La biomasse disponible annuellement, qui serait la plus intéressante à récolter (les troncs), serait donc de 6,25 M de tmv (± 3,1 M de tma). En forêt privée, la Fédération des propriétaires forestiers du Québec (FPFQ) a établi qu'il y avait 3,2 M de tma produites⁵ annuellement dans la portion du tronc qui ne peut être utilisée (même partie que celle mentionnée pour la forêt publique). Au total, la production atteint

http://forestierenchef.gouv.qc.ca/wp-content/uploads/2017/09/actualisation_quantites_recoltables_biomasse_2017.pdf

https://static1.squarespace.com/static/5627eefee4b058ae4b49c572/t/5759a39986db43b3fd71126f/1465492378445/Disponibilite_foret_privee.pdf

6,3 M de tma. Cependant, pour de multiples raisons telles que le maintien de la biodiversité, la protection des sols, les contraintes techniques et économiques, etc., on considère que ± 60 % de cette quantité est réellement disponible, soit 3,8 M de tma. Cette quantité est similaire à celle estimée au Plan directeur⁶ sur la filière, préparé par la FQCF et ses partenaires, qui concluait que 3,86 M tma était récupérables annuellement. On peut constater, dans cette évaluation, que toutes les régions du Québec, à l'exception de Montréal et de Laval, sont bien pourvues en biomasse forestière résiduelle.

Les coopératives forestières membres de la FQCF et leurs partenaires ont mis en place plusieurs centres de transformation et de conditionnement de la biomasse forestière (CTCB). Ils sont en mesure d'assurer l'approvisionnement en biocombustible de qualité (plaquette forestière) contribuant ainsi à assurer également la performance des chaufferies à la biomasse dont les installations sont en développement. La plupart des régions du Québec sont (ou peuvent) être desservies sans difficulté.

La biomasse forestière résiduelle est abondante dans presque toutes les régions du Québec. Des quantités très importantes sont produites annuellement, mais toujours très peu utilisées. On estime que tout en assurant une récolte durable et respectueuse de l'environnement forestier, 3,8 millions de tonnes métriques anhydres seraient disponibles au Québec, soit l'équivalent de 650 000 habitations consommant 25 000 kWh d'énergie en chauffage par année.

Côté granulé, on retrouve plusieurs producteurs au Québec. Les plus importants sont :

- Energex de Lac-Mégantic, Estrie capacité de production de 160 000 tonnes/an;
- ♣ Granule LG de St-Félicien, Saguenay-Lac-St-Jean capacité de production de 120 000 tonnes/an ;
- ▲ Lauzon Bois énergétique recyclé de Papineauville, Outaouais capacité de production de 70 000 tonnes/an;
- ♣ Granules de la Mauricie inc./ Valfei de Shawinigan, Mauricie capacité de production de 30 000 tonnes/an ;
- ♣ Granulco de Sacré-Cœur, Côte-Nord capacité de production de 30 000 tonnes/an.

Outre ces producteurs majeurs, on rencontre quelques autres producteurs de plus petites capacités dont :

- Industries P.W.I. de St-Hyacinthe, Montérégie
- Gestion forestière Abitibi inc. de La Sarre, Abitibi

⁶ http://www.fqcf.coop/wp-content/uploads/Plan_directeur.pdf

La plupart de ces producteurs sont en mesure de fournir un approvisionnement en vrac sur la base d'entente contractuelle garantissant les quantités livrées à la chaufferie pour toute la saison de chauffe.

La capacité de production de granule de bois au Québec dépasse les 500 000 tm et la très grande majorité de la production est destinée au marché de l'exportation. Plusieurs entreprises productrices font beaucoup d'efforts pour développer le marché local et québécois du granule pour le chauffage des multi logements, commerciaux et institutionnels.

3.2 Types

3.2.1 Plaquette

La plaquette forestière est un copeau de bois relativement similaire au copeau produit par les scieries. La plaquette se distingue par le fait qu'elle est produite à partir de bois non écorcé (bois de mauvaise qualité ou de diamètres et d'essences non marchands).



Figure 5 - Plaquettes forestières

3.2.2 Granulé

On trouve au Québec, deux types de granulé de bois, le standard et le torréfié.

3.2.2.1 **Standard**

Le granulé standard est un petit cylindre de bois compressé dont la production au Québec est généralement faite à partir de sciure et/ou de raboture de bois. Ces produits sont finement broyés et ils sont compressés dans l'équipement de granulation pour atteindre une densité supérieure à 650 kg/m³ (H° < 10 %⁷) peu importe l'essence du bois d'origine.

⁷ La plupart des manufacturiers importants du Québec mentionne que leur granulé a un taux d'humidité inférieur à 5 %.



Figure 6 - Granulé standard

3.2.2.2 Torréfié

Le granulé torréfié est un produit aux dimensions similaires au granulé standard sauf que le bois finement broyé est traité avant d'être compressé dans le même type d'équipement de granulation. Le traitement de torréfaction est un traitement à une température d'environ 300 °C en quasi absence d'oxygène. L'effet du traitement est d'éliminer l'eau et certains composés volatiles. On concentre alors l'énergie contenue dans le produit final tout en rendant le produit hydrophobe (cette caractéristique peut varier légèrement selon le procédé, mais elle est généralement suffisamment présente pour conférer au produit une grande stabilité dans des conditions raisonnables de transport et d'entreposage). Ce type de granulé, plus cher, ne présente pas réellement d'intérêt pour des projets de chaufferie dans des multi logements à moins d'envisager des conditions particulièrement contraignantes d'entreposage. Cela dit, des informations plus détaillées comparant ce produit aux autres ne sont pas présentées dans ce document. Mentionnons toutefois que le granulé torréfié a une densité similaire au granulé standard, mais que son pouvoir calorifique inférieur⁸ est plus élevé (de 10 à 15 %) dépendamment du taux d'humidité que contient chacun des produits.



Figure 7 – Granulé torréfié produit par Airex Énergie inc.

⁸ Le pouvoir calorifique inférieur ou PCI est la quantité de chaleur dégagée par la combustion complète d'une unité de combustible, la vapeur d'eau se dégageant de cette combustion étant supposée être non condensée et la chaleur contenue dans cette vapeur d'eau non récupérée.

L'entreprise Airex Énergie inc., dont l'usine est située à Bécancour, serait actuellement la seule à produire ce type de granulé au Québec.

La plaquette et le granulé sont les deux types de biocombustible solide utilisé dans les chaudières ou générateurs d'air chaud complètement automatisés. Ces biocombustibles ont des caractéristiques spécifiques, décrites ci-après, que les utilisateurs doivent exiger et que les fournisseurs doivent respecter.

3.3 Caractéristiques

3.3.1 Pouvoir calorifique inférieur (PCI)

Le pouvoir calorifique inférieur (PCI) est l'énergie brute contenue dans la biomasse. Il est généralement exprimé en mégajoules (MJ) ou kilowatts-heures (kWh) par kilogramme (kg) ou par tonne métrique sur base sèche (tma) ou humide (tmv).

3.3.1.1 Plaquette

Le pouvoir calorifique moyen de la plaquette forestière est de 5 330 kWh par tonne métrique anhydre ou 5,33 kWh/kg sur base sèche. Le PCI du bois varie quelque peu selon l'essence d'arbre, mais on ne considère généralement que la donnée moyenne. La plupart des projets de chaufferie dans des multi logements devraient nécessiter des installations dont la puissance (kW) sera inférieure à 500 kW. Ce type de chaudière requiert un produit dont le taux d'humidité sera inférieur à 35 % et idéalement entre 20 et 30 %. Il est à noter que le PCI de la biomasse forestière varie avec le taux d'humidité comme le montre la figure suivante. Ainsi, un kilogramme de biomasse ayant une teneur en humidité de 35 % aura un PCI de 3,25 kWh, alors qu'à un taux de 20 % il sera de 4,14 kWh.

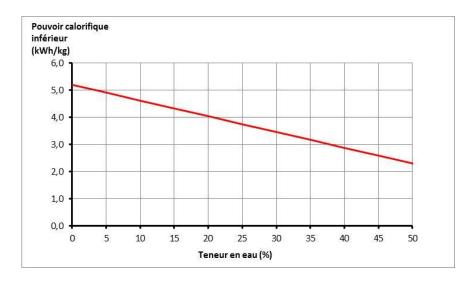


Figure 8 – Variation du PCI inférieur en fonction de la teneur en eau de la biomasse.

Le taux d'humidité est un facteur clé à connaître, car il influence directement la quantité d'énergie contenue dans un kilogramme ou une tonne de plaquette ou de granulé. L'utilisateur, qui achète une tonne de plaquette ou de granulé, achète en réalité du bois (l'énergie) et une certaine quantité d'eau. Il est donc important que l'information sur le taux d'humidité soit connue. C'est pourquoi les transactions se font souvent à la tonne métrique anhydre (taux d'humidité = 0 %).

3.3.1.2 Granulé standard

Les informations colligées pour les principaux producteurs de granulé du Québec montrent des taux d'humidité variant de 4,5 % à 7 %. Les PCI indiqués le sont tous sur base sèche et varient de 5,35 à 5,5 kWh/kg. Tel que mentionné précédemment, on utilise généralement 5,33 kWh/kg. C'est donc sur le taux d'humidité qu'il est nécessaire de porter son attention. À un taux d'humidité de 4,5 %, le produit d'un fournisseur aura un PCI de 5,06 kWh/kg et, à un taux de 8 %, il sera de 4,85 kWh/kg, soit 4 % plus d'énergie avec le produit plus sec.

Le granulé se transige généralement à la tonne métrique sans égard au taux d'humidité. Comme on a vu que le taux d'humidité est un facteur clé permettant d'identifier l'énergie contenue dans un biocombustible, il est essentiel de porter attention sur le taux d'humidité ou sur le pouvoir calorifique inférieur certifié du fournisseur du granulé pour réellement comparer les prix.

3.3.2 Granulométrie

La granulométrie fait référence aux caractéristiques physiques du combustible biomasse (largeur, longueur, épaisseur, friabilité, pourcentage de particules fines, proportion des produits de certaines dimensions). Le granulé est un produit plus uniforme et davantage standardisé⁹ que la plaquette. De plus, le granulé qu'on retrouve sur le marché québécois est actuellement un produit qui répond à des exigences relativement restrictives puisqu'il est destiné aux appareils de chauffage résidentiels. Les caractéristiques sont les suivantes :

Diamètre : 6 à 7,25 mm
 Longueur : < 40 mm
 Dureté : < 96,5 %

♣ Taux de particules fines (particules de taille < 3,15 mm): < 0,5 %</p>

⁹ Il est à noter que différentes normes existent pour caractériser les biocombustibles solides, et ce, tant pour le granulé que pour la plaquette.

Les équipements automatisés (chaudière ou générateur d'air chaud) adaptés au chauffage de multi logements sont en mesure d'utiliser du granulé de type industriel. Quoi qu'il en soit, il est important de s'assurer que le combustible utilisé corresponde aux exigences du fabricant.

Pour ce qui est de la plaquette, les bons fabricants exigent le respect de caractéristiques spécifiques qui assureront le bon fonctionnement de leurs équipements. Différentes normes européennes relativement similaires sont généralement utilisées. Voici l'une d'entre elles :

Norme CEN 15149

Classe de la fraction	Dimensions	
P8*	8 mm ≤ P ≤ 45 mm	
P16	3.15 mm ≤ P ≤ 16 mm, et G ≥ 45 mm (aucune plaquette ne doit dépasser 85 mm)	
P45	3.15 mm ≤ P ≤ 45 mm, et G > 63 mm	
P63	3.15 mm s P s 63 mm, et G > 100 mm	
P100	3.15 mm s P s 100 mm, et G > 200 mm	
P300	3.15 mm ≤ P ≤ 300 mm, et G > 400 mm	

- La fraction principale doit représenter au moins 80 % en masse du combustible;
- La fraction grossière ne doit pas représenter plus de 1 % en masse;
- La fraction fine ne doit pas dépasser 5 % en masse

Figure 9 – Exemple de normes granulométriques applicables à la plaquette.

Dans la norme présentée ci-dessus, la classe P16 ou mini-plaquette indique que 80 % (fraction principale P ou proportion de la quantité) de la masse du biocombustible doit avoir une longueur se situant entre 3,15 mm et 16 mm. Au plus un pourcent de la masse peut avoir une longueur plus grande ou égale à 45 mm et aucune mini-plaquette doit avoir une dimension supérieure à 85 mm.

Les coopératives forestières membres de la FQCF et leurs partenaires sont en mesure de produire ce type de combustible à partir de leur CTCB.

3.3.3 Masse volumique

La masse volumique correspond au poids de la biomasse pour un volume donné (kg par m³ de produit dans une réserve (ex. : un silo). Selon le type de produit, l'espace d'entreposage de celui-ci sera occupé par le produit lui-même, mais aussi par les espaces d'air entre les différentes particules composant le produit. Le facteur de foisonnement est le terme utilisé pour tenir compte de l'espace (m³ apparent) occupé par un produit versus l'espace occupé par le même produit qui serait un bloc homogène (m³ solide) non fragmenté (ex. : un bloc de bois ou une roche versus ces produits fragmentés et réduits en plaquette ou en pierre concassée). Le facteur de foisonnement du granulé est de l'ordre de 1,1 m³ apparent/m³ solide (m³app./m³s.) alors que celui de la plaquette est environ de 2,5 m³app./m³s.

Par ailleurs, on sait que chaque essence de bois a une densité spécifique. L'érable à sucre est plus dense (620 kg/m³) que le peuplier (380 kg/m³) ou les résineux

(± 400 kg/m³), par exemple. La granulation, de son côté, a pour effet de rendre uniforme la densité du produit, peu importe l'essence, soit ± 650 kg/m³s.

Si on combine le foisonnement et la densité des produits, on obtient, qu'une tonne sèche ou anhydre des produits suivants nécessite les espaces respectifs indiqués ci-dessous :

Granulé : 1,69 m³

Plaquette d'érable à sucre : 4 m³
 Plaquette de peuplier : 6,6 m³
 Plaquette de résineux : 6,25 m³

Lorsqu'on considère les besoins d'entreposage et qu'on ajoute à la masse volumique le PCI sur base humide, les écarts entre les produits augmentent encore davantage. En effet, si on compare du granulé à un taux d'humidité de 7 % et de la plaquette des essences mentionnées à un taux d'humidité de 25 % et qu'on souhaite entreposer \pm 50 000 kWh d'énergie brute [soit l'équivalent de \pm 5 000 litres de mazout (réservoir de \pm 6 m³)], on obtient les besoins d'entreposage suivants :

Granulé : 17,2 m³

Plaquette d'érable à sucre : 52 m³
 Plaquette de peuplier : 86 m³
 Plaquette de résineux : 81 m³

Le volume de la réserve requise pour entreposer le biocombustible nécessaire à l'opération d'une chaufferie à la biomasse variera selon le type de combustible utilisé (granulé ou plaquette) et selon l'essence du bois utilisé (érable vs peuplier ou résineux) et son taux d'humidité. Par exemple, si on veut une autonomie correspondant à l'énergie contenue (± 50 000 kWh) dans 5 000 litres d'huile, il faudra une réserve pouvant contenir 17,2 m³ de granulé, soit un espace trois fois plus grand environ que le réservoir d'huile. Si on utilise de la plaquette, dont le taux d'humidité moyen serait de 25 %, et qui serait obtenue à partir d'essences de feuillus durs comme l'érable, l'espace requis pour la même quantité d'énergie serait approximativement trois fois plus important que celui nécessaire à l'entreposage du granulé. Enfin, si au lieu de feuillus durs, la plaquette est obtenue à partir de peuplier ou d'essences résineuses, l'espace requis pour son entreposage sera cinq fois plus grand environ que pour le granulé.

3.3.4 Contaminants et cendre

3.3.4.1 Contaminants

Le bois naturel ne contient pas de contaminant pouvant représenter un problème d'utilisation à sa combustion. Toutefois, on retrouve sur le marché du biocombustible préparé à partir de bois de construction, rénovation et démolition (CRD) qui peut contenir différents contaminants. Les contaminants peuvent être classés en trois grands groupes, les contaminants chimiques (issus des produits de traitement du bois (peinture, teinture, solvant, colle, etc.), les produits connexes (gypse, laine minérale, plastique, métal, etc.) et les contaminants naturels (terre, sable, gravier). Les deux premiers sont interdits dans tout équipement de combustion de moins de 3 MW. Les contaminants naturels sont, bien entendu, à minimiser. Cette matière est présente dans les plaquettes ou les granules en infime quantité chez les producteurs consciencieux et elle se retrouvera dans la cendre naturelle issue de la combustion du bois. Il est toutefois important de s'assurer que le mode de production du combustible et les installations d'entreposage soient de nature à minimiser la présence de ce type de contaminants.

3.3.4.2 Cendre

La cendre est constituée des minéraux contenus dans la biomasse forestière. Les principaux minéraux qui sont présents dans le bois naturel ont un point de fusion assez élevé qui n'occasionne pas de formation de mâchefer ou « clinker » aux températures de combustion contrôlées par les chaudières automatisées à la biomasse forestière. De plus, le granule standard (taux de cendre inférieur à 0,5 % sur masse sèche) et la plaquette forestière (taux de ± 1,5 % sur masse sèche) ont un faible taux de cendre ce qui est peu propice à la production de mâchefer rencontré plus fréquemment avec les produits de combustion de CRD, de biomasse agricole et d'écorces.

3.4 Chaines d'approvisionnement

En amont des centres de transformation et de conditionnement de la biomasse forestière et des usines de production de granulé, il y a plusieurs étapes nécessaires à la préparation d'un combustible de qualité et assurant la protection¹⁰ de la ressource (protection des sols, de l'eau, de la biodiversité et de la production des peuplements forestiers).

Le granulé est livré généralement en camion à benne, semi-remorque à plancher mobile ou en camion souffleur. Tel que mentionné précédemment, les producteurs de granulé du Québec offrent la possibilité d'achat en vrac. Ceux-ci ou des entreprises affiliées peuvent prendre en charge la livraison aux chaufferies. Il est recommandé de convenir d'entente contractuelle, idéalement pluriannuelle, afin de garantir un approvisionnement tout au long de la saison de chauffe.

_

http://www.fqcf.coop/wp-content/uploads/2.1_Thiffault-et-coll.-2015.pdf

La chaîne d'approvisionnement en plaquette nécessite aussi des ententes contractuelles et, dans ce cas, elles sont généralement pluriannuelles. En effet, le conditionnement de la biomasse ou séchage se fait très majoritairement de façon passive (séchage à l'air libre et au soleil) ce qui fait qu'au moins une saison estivale complète est nécessaire pour obtenir les résultats souhaités. En général, la biomasse, sous-forme de petites billes de bois, est accumulée pendant plus d'une année dans la cour du CTCB avant d'être déchiquetée et entreposée dans un abri.





Figure 10 - Conditionnement à l'air libre et sous abri.

4 LA CHAUFFERIE AUTOMATISÉE

Une chaufferie à la biomasse automatisée fait référence à un bâtiment ou une installation modulaire qui comprend une réserve du combustible (plaquette ou granulé), un système d'alimentation du combustible (vis sans fin, convoyeur à raclettes ou système pneumatique) jusqu'à la chaudière, une petite réserve intermédiaire (introduction dans la chambre de combustion et coupe-feu), la chaudière proprement dite (une chambre de combustion et un échangeur thermique), un système de traitement des fumées, un système d'extraction de la cendre, un système de contrôle (combustion, température, niveau, etc.) et un système de circulation du fluide caloporteur (eau ou vapeur). On retrouve généralement aussi une chaudière d'appoint. Le schéma qui suit illustre ces composantes.

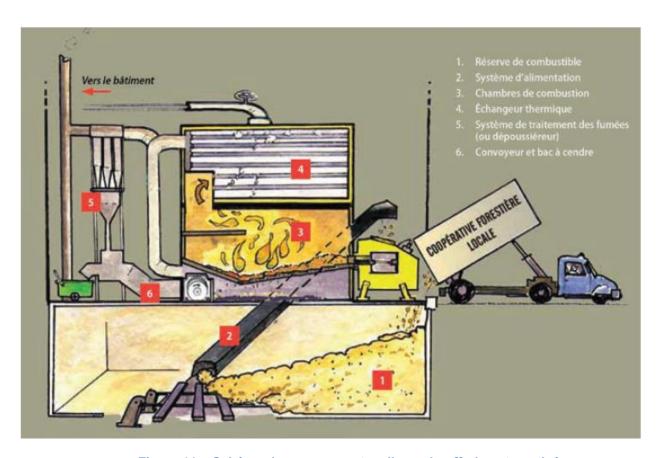


Figure 11 – Schéma des composantes d'une chaufferie automatisée.

4.1 Réserve de combustible

La réserve de combustible doit être adaptée à l'ampleur de la consommation, au système approprié et retenu pour la livraison et à une certaine autonomie d'opération entre chacune des livraisons. Bien entendu, la réserve devra aussi tenir compte de la masse volumique et de l'énergie brute que contient le combustible choisi.

Prenons un exemple afin d'illustrer ces concepts. Considérons une chaufferie ayant une consommation de 30 000 litres de mazout (320 700 kWh) que l'on souhaiterait convertir à la biomasse. En milieu urbanisé, l'option d'un système au granulé serait généralement retenue. Une chaudière de 100 kW serait normalement prescrite pour ce type de consommation. Lorsque celle-ci sera sollicitée à pleine puissance, elle produira 2 400 kWh par jour (24 heures x 100 kW). Une autonomie minimale de trois jours nécessiterait 8 470 kWh d'énergie brute dans la réserve si l'efficacité de la chaudière atteint 85 % (7 200 kWh/0,85). Si le PCI du granulé est de 4 800 kWh/tm, la réserve devra contenir au minimum 1,77 tm pour une consommation de 8 470

kWh d'énergie brute. Considérant la masse volumique $(1,7 \text{ m}^3/\text{tm})$ et un taux de remplissage¹¹ moyen d'une petite réserve à \pm 60 %, la réserve devrait avoir un peu plus de 5 m³.

Le transport d'une quantité aussi faible aurait toutefois un coût beaucoup trop élevé. À l'autre extrémité du spectre, une livraison avec un camion semi-remorque à plancher mobile pourrait transporter jusqu'à 35 tm. Une pareille livraison permettrait une autonomie de 2 mois à pleine puissance et probablement 2,3 à 3 mois en utilisation normale. Une réserve de type « silo » d'un volume de 65 m³ répondrait à ce scénario. Enfin, une dernière considération serait le nombre de voyages par saison. Pour les besoins de l'exemple mentionné, 70 tm (320 700 kWh/ 4 800 kWh/tm) de granulé seraient suffisantes pour répondre aux besoins en chauffage. Avec le camion semi-remorque, deux voyages par année combleraient ces besoins. Une autre approche pourrait être d'étaler les livraisons sur 6 ou 7 mois à raison d'un voyage en moyenne par mois. Dans ce cas, un camion à benne ou un camion souffleur d'une contenance de 10 ou 12 tm serait probablement le meilleur compromis entre le coût de livraison (plus faible avec le transport de volume important) et l'investissement dans une réserve (plus faible avec une réserve plus petite).

Le dimensionnement de la réserve doit tenir compte du type de combustible choisi (granulé ou plaquette), d'une autonomie de fonctionnement (nombre de jours d'opération sans avoir besoin d'une livraison de combustible), et de l'équilibre entre les coûts de livraison prévus (en fonction des équipements à utiliser) et les coûts d'investissements associés à la dimension du type de réserve choisi. Il est recommandé de confier cette analyse à des professionnels en la matière et de demander la production de quelques scénarios afin de faire un choix éclairé.

En milieu rural ou pour des projets ayant de plus grandes consommations, la plaquette est souvent privilégiée vu son coût plus faible. Le même type d'exercice doit alors être réalisé afin d'établir la meilleure solution économique entre le coût des livraisons, le coût d'investissement dans la réserve et les besoins d'une sécurité minimale d'approvisionnement facilitant la logistique du transport.

.

¹¹ Le taux de remplissage moyen d'une petite réserve de granule est généralement de l'ordre de 60 %, car lors d'un déchargement avec un camion benne ou une remorque à plancher mobile, le granulé forme un cône dans la réserve. Ainsi, l'espace occupé par le granulé est toujours moindre que la contenance totale de la réserve.



Photo : Luc Desrochers

Figure 12 – Réserve de plain-pied avec racleurs carrossables, CSSS de Kamouraska.



Photo: Luc Desrochers

Figure 13 – Réserve en fosse avec pont de déchargement, CSSS Montmagny.

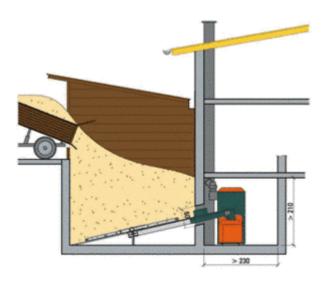


Figure 14 – Exemple¹² de réserve en fosse avec dessileur rotatif.



Figure 15 – Réserve en fosse avec toit rétractable, Saint Gilbert.

¹² http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16645

4.2 Système d'alimentation

Le système d'alimentation permet le transport de la réserve à la chaudière. Dans les figures précédentes, le système de désilleur avec une vis sans fin est généralement utilisé pour les faibles volumes (15 à 25 m³) de combustible entreposé dans la réserve. Pour les volumes plus importants, le système de racleurs au fond de la réserve, puis un système de convoyage par vis ou raclettes est privilégié.

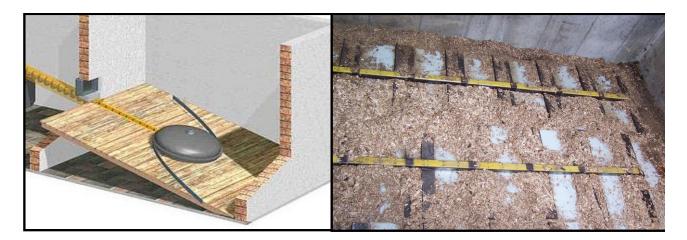


Figure 16 - Systèmes d'alimentation - Désilleur avec vis et racleurs.

4.3 Chaudière

4.3.1 Types de foyer

Le foyer est l'endroit où se déroule la première phase de la combustion de la biomasse. Il est alimenté en combustible et en air primaire. Il y a quatre principaux types de foyer. La sélection d'un type de foyer dépend de différents paramètres tels que la puissance de la chaudière, la granulométrie, la teneur en cendre et le taux d'humidité du combustible utilisé.

4.3.1.1 Foyer à grille fixe

Ce type de foyer offre une grande robustesse, car son design est simple. Toutefois, sa plus grande faiblesse est que, comme la grille n'est pas mobile, le combustible se répartit plus inégalement sur la grille, ce qui peut entraîner une combustion incomplète. Il est habituellement sélectionné pour des projets d'une plus petite puissance (< 500 kW). Le combustible utilisé est habituellement plutôt sec (5 à 30% d'humidité), sa granulométrie est plutôt fine et il se caractérise par une faible teneur en cendre. Son coût est relativement bas, comparativement à d'autres types de foyer.

4.3.1.2 Foyer volcan

Le foyer volcan possède aussi un design simple. Il est conseillé pour des projets de petite et de moyenne tailles (20 kW à 500 kW). L'utilisation de granules (granulométrie

uniforme et faible taux de cendre) est conseillée pour ce type de foyer. Son coût est assez bas, comparativement à d'autres types de foyer.

4.3.1.3 Grilles mobiles

Ce foyer, muni de sections en mouvement, permet une meilleure mobilisation de la biomasse et donc un plus grand contrôle de la combustion. Il peut aussi accueillir une plus vaste gamme de combustibles (20 à 50% d'humidité et 1 à 5% de taux de cendre). Bien qu'il peut être utilisé dans le cadre de projets de diverse taille, comme il est plus cher et qu'il est complexe à opérer, il est habituellement préféré pour les projets de plus grande ampleur (> 500 kW).

4.3.1.4 Foyer à lit fluidisé

De par leur conception, les chaudières à lit fluidisé ont une meilleure flexibilité par rapport à la qualité des combustibles utilisés. Effectivement, elles peuvent brûler de la biomasse très humide, jusqu'à 60-65%, et qui a une haute teneur en cendre, comme les écorces de résineux. Il demeure cependant important de favoriser une granulométrie homogène et d'éviter la présence de contaminants. Très efficace, ce foyer engendre de faibles émissions atmosphériques (particulièrement de NOx). Comme ce système est plus coûteux, il est souvent sélectionné dans le cadre de projets de plus grande taille (5 MW et plus). Il n'est pas recommandé pour des projets de chauffage de multi logements.

Pour la plupart des multi logements des coopératives d'habitation, les foyers à grilles fixes et à foyer volcan seront généralement ceux recommandés (projets dont la puissance des chaudières à la biomasse est inférieure à 500 kW et dont les fabricants exigent des taux d'humidité inférieurs à 30 %). Pour les projets nécessitant des puissances plus importantes et/ou dont le taux d'humidité du biocombustible prévu sera plus élevé (>35 %), le foyer à grille mobile sera mieux adapté.

4.3.2 Échangeur de chaleur

L'échangeur de chaleur transfère l'énergie (chaleur) des flammes ou des fumées au fluide caloporteur (eau, vapeur ou air). Cette chaleur peut être transférée par rayonnement (flammes vers fluide, dans la chambre de combustion) ou par convection (fumées vers fluide, après la zone de combustion).

Il y a trois types principaux d'échangeur de chaleur : à tube d'eau, à tube de fumée et hybride. Le type d'échangeur doit être sélectionné selon la configuration de la chaudière et le fluide caloporteur. Certains échangeurs de chaleur sont munis d'un système de nettoyage automatique leur permettant de maintenir une efficacité d'échange thermique élevée.

4.3.2.1 Échangeur à tube d'eau

Il est habituellement utilisé pour les projets de production de vapeur à pression élevée (> 1000 kPa). Il est plus coûteux que l'échangeur à tube de fumée et il est utilisé pour les projets de plus grande puissance (10 à 900 MW).

4.3.2.2 Échangeur à tube de fumée

Il est sélectionné pour les projets de chauffage à l'eau chaude et pour la production de vapeur à pression faible (< 1000 kPa), de plus petite taille (< 30 MW). C'est le type d'échangeur le plus approprié pour les projets des coopératives d'habitation.

4.3.2.3 Échangeur hybride

L'échangeur hybride comporte une partie de l'échangeur avec tube de fumée et une partie avec tube d'eau. Il est sélectionné afin de réduire les coûts des projets de production de vapeur tout en se conformant à un niveau de surveillance moins contraignant que celui qu'exige une chaudière à tube de fumée d'une puissance supérieure à 6 MW.

4.3.3 Système de traitement des fumées et de récupération des particules fines

Comme son nom l'indique, le système de traitement des fumées a pour fonction de débarrasser les gaz de combustion des particules fines en suspension qu'ils contiennent avant qu'ils soient évacués dans l'atmosphère. Quatre types principaux de système sont disponibles sur le marché : le dépoussiéreur multicyclone, le filtre à manches, le laveur de gaz et le précipitateur électrostatique. La sélection du système adéquat est basée sur les caractéristiques du combustible utilisé et la puissance de la chaudière. L'objectif est de répondre, voire de performer davantage que les actuelles normes de qualité de l'air en place (Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère) et donc de réduire les impacts sur la qualité de l'air et la santé humaine.

Il est à noter qu'en amont du traitement des fumées, la qualité du combustible et la qualité de la combustion (contrôle optimal des températures de combustion, des quantités d'air primaire et secondaire introduites et de leur vitesse) sont à la base des performances des systèmes de traitement des fumées et de la qualité de l'air émis à la sortie des cheminées.

Tableau 1 – Normes d'émissions de particules pour appareil de combustion

Tableau 5. Normes d'émissions de particules pour les appareils de combustion utilisant du bois ou des résidus de bois comme combustible selon le RAA

Puissance nominale (fournaise/chaudière)	Émissions (mg/m³R de gaz sec corrigé à 12 % CO₂)		Intervalle du suivi (ann ée)
	Appareil existant	Nouvel appareil	
≥ 150 kW < 3 MW	600	150	5
≥ 3 MW ≤ 10 MW	340	150	3
≥ 10 MW	100	70	1

La plupart des chaudières disponibles sur le marché québécois sont en mesure de faire mieux et, même beaucoup mieux, que la norme indiquée ci-dessus. Tel que déjà mentionné, plus la qualité du combustible exigée par le fabricant sera respectée, voire d'une qualité supérieure, plus les performances des équipements seront élevées.

4.3.3.1 Dépoussiéreur multicyclone

Ce système est simple, robuste (pas de pièce mécanique en mouvement) et les coûts liés à son exploitation sont relativement bas, puisque son entretien repose surtout sur un nettoyage périodique des cyclones. Toutefois, il est plus efficace pour les grosses particules que pour les particules fines. Il est donc associé à l'utilisation d'une biomasse de bonne qualité (ex. : homogénéité des caractéristiques). C'est le système le plus répandu.

4.3.3.2 Filtre à manches

Ce filtre est complémentaire au dépoussiéreur multicyclone. Il permet de capter les particules les plus fines. Toutefois, ce système est plus coûteux puisqu'il est nécessaire de changer les manches régulièrement (à toutes les 25 000 heures). De plus, puisque ces derniers peuvent être inflammables, il est nécessaire de mettre en place un système de blocage des particules incandescentes. Ce système est particulièrement utilisé en milieu industriel et associé à la combustion d'une biomasse de mauvaise qualité.

4.3.3.3 Précipitateur électrostatique

Ce système est aussi complémentaire au dépoussiéreur multicyclone. Il est très efficace pour capter tous les types de particule. Contrairement au filtre à manches, il n'est pas sensible aux particules incandescentes. Toutefois, il est habituellement choisi pour des projets de grande puissance (papetière et incinérateur municipal), puisqu'il suppose des coûts importants d'acquisition, en plus des coûts d'opération (opérateur spécialisé) et de maintenance supérieurs.

4.3.3.4 Laveur de gaz

Tout comme le précipitateur électrostatique et le filtre à manches, ce système de filtration est complémentaire au dépoussiéreur multicyclone. Cependant, le laveur de gaz est très peu utilisé actuellement pour les chaufferies de faible et moyenne puissance. Le laveur de gaz consiste à répartir des gouttelettes d'eau à travers les fumées. Les contaminants sont donc absorbés par l'eau. L'eau est ensuite filtrée et traitée. Cette technologie est intéressante pour récupérer la chaleur des gaz de combustion.

4.3.4 Extraction de la cendre

Ce système automatisé permet d'évacuer la cendre de la chaudière par un convoyeur et de l'acheminer vers un lieu d'entreposage (bac à cendre). Dans les chaufferies de plus grande puissance (> 1 MW), le bac à cendre peut être une remorque externe à la chaufferie et le système de convoyage amène directement la cendre à cette remorque afin de faciliter la disposition de la cendre.



Figure 17 – Remorque adaptée à l'extraction automatisée de la cendre.

4.3.5 Système de contrôle de la combustion et des autres équipements

Il s'agit d'un système entièrement automatisé qui contrôle les dispositifs d'alimentation en combustible, la chaudière, ainsi que l'évacuation de la cendre. La production de chaleur est régulée par un ordinateur relié à des sondes de température et de mesure du taux d'oxygène dans les gaz qui s'échappent de la cheminée. Cet ordinateur synchronise alors automatiquement l'alimentation en biomasse, ainsi que celle en air primaire et secondaire dans la chaudière. Les chaudières sont aussi équipées de systèmes de sécurité et d'alarme qui permettent d'avertir l'opérateur des principaux problèmes qui pourraient survenir. Grâce à ce système, une visite journalière est habituellement suffisante pour vérifier le bon fonctionnement de l'ensemble des composantes de la chaufferie. De plus, une surveillance et une aide technique à distance peuvent être possibles en s'appuyant sur les données d'opération acquises par l'intermédiaire de l'ordinateur.

4.3.6 Système de distribution d'énergie

La production d'énergie d'une chaudière à la biomasse peut être acheminée aux différents systèmes centraux de distribution d'énergie que l'on peut rencontrer dans un bâtiment à chauffer. Le système le plus commun est celui à eau chaude avec calorifères. On rencontre aussi des systèmes à eau chaude à planchers radiants. Dans les situations où la distribution de chaleur est réalisée avec des conduits d'air chaud, un échangeur est installé dans le conduit d'air principal et l'énergie de l'eau chaude est diffusée dans le flux d'air passant dans l'échangeur. Enfin, si le système de distribution est à la vapeur, la chaudière devra être choisie en conséquence afin de pouvoir acheminer l'énergie sous forme de vapeur au système de distribution du bâtiment. Dans les grandes aires ouvertes, des aérothermes peuvent être utilisés pour distribuer l'énergie produite dans ce type d'espace (garage, entrepôt, etc.).

5 LE RÉSEAU DE CHALEUR

5.1 Fonctionnement et composantes

Un réseau de chaleur est une installation qui repose sur une chaufferie centrale qui fournit de la chaleur à plusieurs bâtiments. Un système de tuyaux isolés et installés dans le sol relie la chaufferie à ces différents bâtiments. Chacun d'eux est muni d'un échangeur de chaleur et d'un compteur d'énergie de façon à maintenir le système de production et de transport de l'énergie dans un circuit fermé et d'être en mesure de déterminer la consommation de chaque bâtiment.

La chaleur est distribuée dans ce système par l'intermédiaire d'un fluide caloporteur (vapeur, eau, air ou glycol). L'eau est le fluide caloporteur le plus répandu.



Figure 18 - Schéma d'un réseau de chaleur.

6 OPÉRATION ET MAINTENANCE

Une fois la mise en service complétée, la chaudière à la biomasse peut être maintenue en opération pour assurer les besoins thermiques. La disponibilité de combustible dans la réserve et la quantité de cendre produite sont les deux principaux éléments à surveiller sur une base régulière. Puisque le nettoyage des tubes de fumée de la chaudière est généralement automatisé, la vidange du bac à cendre est la seule action qui est requise en ce qui concerne l'entretien régulier. Les chaudières de grande puissance sont généralement reliées à une benne placée à l'extérieur du bâtiment et la cendre y est acheminée par un convoyeur adapté tel qu'indiqué précédemment.

Chaque fabricant a un programme précis d'entretien de sa chaudière qu'il est important de suivre rigoureusement. Celui-ci présente des fréquences d'entretien hebdomadaire, mensuel et annuel. Il faut cependant prendre en compte la qualité de la biomasse utilisée. En effet, les fréquences recommandées sont basées sur les spécifications du fabricant quant aux caractéristiques du combustible recommandé. Par contre, si le combustible est de moins bonne qualité (ex. : plus grande quantité de particules fines, taux de cendre plus élevé ou autres) les fréquences devront être augmentées.

En général, les paramètres de fonctionnement et le bac à cendre font l'attention d'un suivi hebdomadaire. Le nettoyage de la grille ou des grilles du foyer est effectué une fois par mois. Le nettoyage des tubes de fumée et une inspection complète par un technicien spécialisé sont recommandés à chaque année.

7 DES EXEMPLES DE PROJETS

L'utilisation de la biomasse forestière pour le chauffage de bâtiments de type « multi logements » est répandue en Europe. Par exemple, différents organismes, gestionnaires d'importants parcs de logements tels que les Offices publics d'aménagement et de construction (OPAC)¹³, ont développé des plans d'actions pour convertir aux énergies renouvelables (biomasse et solaire particulièrement) un certain nombre de leurs multi logements.



Figure 19 – Multi logements français chauffé avec de la biomasse.

La figure ci-dessus montre un multi logements et l'emplacement de la réserve souterraine de biomasse en marge du stationnement.

_

¹³ http://www.opac-commentry.fr/energie-reseau-de-chaleur---act14.htimage ml http://reseaux-chaleur.cerema.fr/wp-content/uploads/fiche_ADEME_reseau_bois_Cite_Beaulieu_cle21c719.pdf

Au Québec, la Cité Verte située en plein cœur de la ville de Québec est certainement le projet le plus connu et le plus marquant. Une chaufferie d'une puissance de 5 MW capable d'alimenter en chauffage et en eau chaude domestique 800 logements y est installée.



Figure 20 - Chaufferie à la biomasse de la Cité Verte de Québec.



Figure 21 – Alimentation en granule entre le silo (réserve) et les chaudières.



Figure 22 – Vue de trois des quatre chaudières à la biomasse de 1 250 kW de la Cité Verte.



Figure 23 – Salle de contrôle des équipements de production de chaleur – Cité Verte.

7.1 Conditions favorables à l'implantation

L'analyse de certains paramètres permet d'identifier rapidement le potentiel de conversion à la biomasse d'un système de chauffage d'un bâtiment multi logements.

Le premier de ces critères est certainement la présence ou non d'un système de chauffage central. On comprendra que les bâtiments, dont le chauffage des logements est réalisé avec des plinthes électriques dans chacune des pièces des appartements, exigeraient des travaux très dispendieux pour seulement installer un système centralisé de distribution de l'énergie, sans compter les coûts de la chaufferie. En général, lorsque le bâtiment utilise une énergie fossile (mazout, propane ou gaz naturel), le système de distribution d'énergie est centralisé (air chaud ou eau chaude, et parfois même vapeur). Lorsque ces systèmes sont présents, la conversion à la biomasse est grandement facilitée.

Le deuxième paramètre est la combinaison du coût du combustible consommé au kWh net ou utile avec la quantité d'énergie consommée. Ainsi, la conversion d'un système au mazout dont le coût du kWh net est de 0,101 \$14 (voir figure 1) rend un projet plus rentable qu'un projet visant la conversion d'à peu près la même quantité d'énergie totale, mais dont le combustible serait le gaz naturel (0,053 \$/kWh net - figure 1). L'écart entre le coût du combustible fossile et celui de la biomasse multiplié par la quantité de kWh nets consommés donne une valeur absolue qui servira à payer les investissements à réaliser pour installer une chaufferie à la biomasse forestière. Par exemple, une consommation actuelle de 100 000 litres de mazout génèrerait un écart de ± 69 000 \$ dans la situation où la valeur du litre de mazout serait de 1 \$, l'efficacité de la chaudière serait de 70 % alors que la biomasse utilisée serait des plaguettes au prix de 85 \$/tm à un taux d'humidité de 35 % et une chaudière dont l'efficacité serait de 80 %. Si on prend un exemple similaire, mais dont la consommation serait limitée à 10 000 litres, l'écart serait alors que de 6 900 \$. Or, les coûts d'une chaufferie à la biomasse, par kW de puissance installée, diminuent constamment avec l'augmentation de la puissance nécessaire pour le projet. On constatera que lorsque l'écart entre le coût du combustible fossile et le coût du biocombustible (plaquette ou granule) est faible, mais que la consommation est très élevée, un projet de conversion à la biomasse peut s'avérer très intéressant.

Le troisième paramètre important est lié à la présence du Programme biomasse forestière résiduelle de Transition énergétique Québec qui offre une aide à la conversion des systèmes de chauffage utilisant des énergies fossiles. Comme le programme établit le niveau d'aide avec les tonnes de gaz à effet de serre (GES) évités, plus le combustible fossile remplacé est polluant et plus les quantités consommées sont importantes, plus l'aide sera élevée ce qui rendra la substitution à la biomasse d'autant plus intéressante économiquement.

.

¹⁴ Ce coût de 0,101 \$/kWh est basée sur un prix de 0,867 \$/litre, un PCI du mazout de 10,69 kWh/litre et une efficacité de la chaudière de 80 %. Actuellement le prix du mazout est plutôt aux alentours de 1 \$/litre et il n'est pas rare de rencontrer de vieilles installations où l'efficacité de la chaudière au mazout est de 75 ou même 70 %. Si on considère une pareille efficacité (70 %) et un prix de 1 \$/litre, le coût du kWh net serait de 0,134 \$.

La conversion à la biomasse forestière d'un système de chauffage d'un multi logements peut s'avérer très avantageuse économiquement à la condition qu'un système central de distribution de l'énergie de chauffage soit actuellement présent (c'est généralement le cas des bâtiments consommant du mazout, du gaz propane ou du gaz naturel). Lorsque cette situation est présente, plus le coût du combustible fossile est élevé (ex.: mazout par rapport au gaz naturel) et plus la consommation est importante, plus le projet sera intéressant économiquement.

7.2 Programmes d'aide

Le Programme biomasse forestière résiduelle 15 de Transition énergétique Québec (TEQ) a reçu l'appui du gouvernement fédéral en décembre 2017. Une enveloppe de 50 M \$ répartis sur trois ans y a été consacrée pour couvrir la période 2018-2021. Le gouvernement du Québec a annoncé lors de son dernier budget (mars 2018) qu'il consacrera 45 M \$ supplémentaires à ce programme pour la même période. Un total de 95 M \$ est donc disponible pour appuyer de nombreux projets de conversion.

Le programme accorde une aide de 125 \$/tm de GES éq.CO₂. Cette aide peut se cumuler sur 10 ans, soit jusqu'à 1 250 \$/tm éq.CO2e. Quelques autres critères servent aussi à limiter le niveau d'aide, dont un maximum de 50 % du coût du projet et un maximum de 3 M \$ par projet. À titre de référence, un multi logements qui consommerait 30 000 litres de mazout léger serait admissible à une subvention pouvant atteindre 100 000 \$. À 30 000 m³ de gaz naturel, l'aide peut atteindre 68 000 \$.

Les coopératives d'habitation pourraient aussi s'intégrer dans un projet de réseau de chaleur impliquant des bâtiments municipaux. La Fédération canadienne des municipalités offre, à partir du Fonds vert municipal, un programme « Systèmes énergétiques collectifs 16 ». Ce programme offre du financement très avantageux et une subvention représentant 15 % du montant du prêt accordé. Les aides de ses deux programmes peuvent être cumulatives jusqu'à un maximum de 75 % du coût du projet.

https://fcm.ca/accueil/programmes/fonds-municipal-vert/ce-que-nousfinan%C3%A7ons/admissibilit%C3%A9/financement---%C3%A9nergie.htm

http://www.transitionenergetique.gouv.qc.ca/en/business-clientele/biomasse-forestiereresiduelle/#.WteAyS7wa1s

7.3 Analyse préliminaire pour un cas existant

La Confédération québécoise des coopératives d'habitation (CQCH) souhaitait obtenir une analyse préliminaire d'un des multi logements de son réseau afin de présenter concrètement le type de projet que pourrait représenter une conversion à la biomasse. Le bâtiment proposé par la CQCH est situé au 3735, rue Sicotte à Québec. C'est un immeuble appartement de 25 logements. La consommation annuelle en mazout léger est d'environ 25 000 litres. La chaufferie existante est localisée au sous-sol dans la partie centrale à proximité du mur arrière du bâtiment. Voici une vue en plan du bâtiment avec l'emplacement approximatif de la chaufferie existante et la chaufferie au granule de bois projetée :

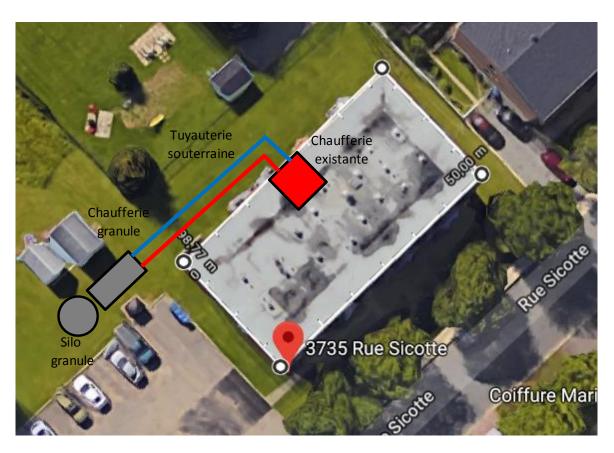


Figure 24 – Vue aérienne du multi logements – analyse préliminaire d'un cas existant.

La chaufferie existante est composée de trois chaudières à l'eau chaude d'environ 60 kW utilisés pour le chauffage du bâtiment et la production d'eau chaude domestique. La consommation annuelle en mazout pourrait être substituée par environ 55 tonnes métriques de granule de bois. Pour l'analyse, la dimension de la réserve de granule envisagée est d'environ 45 tonnes. Cette réserve permet une autonomie élevée et l'utilisation d'un camion de livraison d'une capacité de 40 tonnes, ce qui réduit les coûts de livraison. Toutefois, une réserve de 25 ou 30 tonnes pourrait tout aussi bien convenir. Si tel était le cas, il faudrait alors adapter les équipements de livraison à 20 ou 25 tm. La chaufferie existante est conservée et une chaufferie modulaire est installée à l'extérieur, tel que représenté dans le dessin 3D ci-dessous.

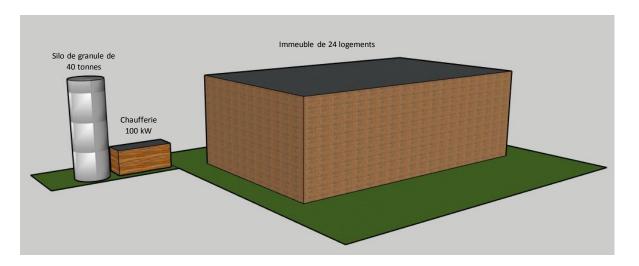


Figure 25 – Vue en 3D du multi logements, de la chaufferie modulaire et de la réserve.

Il existe différents modèles de chaudière au granule de bois de grande qualité et qui sont disponibles au Québec. Le modèle Okofen de 56 kW installé en cascade a été sélectionné pour les actuels besoins de l'analyse. Ce modèle de chaudière possède les approbations CSA et ASME requises. L'utilisation de deux chaudières en cascade permet une meilleure modulation en fonction de la demande de chauffage.



Figure 26 – Modèle de chaudière en cascade fonctionnant au granule de bois.

La surface au sol des deux chaudières est d'environ 2,6 m². La manipulation de deux petites chaudières est plus simple puisque les dimensions et le poids sont moins importants qu'une seule chaudière de 100 kW. Ce modèle de chaudière peut passer dans un cadre de porte standard.

La solution retenue dans la présente analyse comporte l'installation d'un silo à granulé de 45 tonnes, un module de chaufferie de 112 kW ainsi qu'un réseau souterrain pour transférer l'énergie produite avec la biomasse à la chaufferie existante. L'annexe 1 présente un exemple de schéma de principe du réseau.

Le coût de réalisation du projet est détaillé dans le tableau suivant.

Tableau 2 – Estimation préliminaire du coût : projet biomasse – cas existant

<u>Description</u>	<u>Coût</u>	<u>s</u>	
2 chaudières Okofen de 56 kW		50 000	\$
Chaufferie modulaire		20 000	\$
Réservoir de granule 40 tonnes		15 000	\$
Cheminée		6 000	\$
Plomberie chaufferie		9 000	\$
Raccordement à la chaufferie existante		8 000	\$
Livraison, installation et mise en route		10 000	\$
Électricité		5 000	\$
Sous-total	-	123 000	\$
Ingénierie	5%	6 200	\$
Administration et gestion	5%	6 200	\$
Contingences	10%	12 300	\$
Total		147 700	\$

Une alternative à la solution retenue serait d'installer les chaudières à granule dans la chaufferie existante. Tel que présenté à la figure suivante, ce modèle de chaudière pourrait remplacer les chaudières dans la chaufferie existante. Une réserve d'environ 10 tonnes de granule pourrait remplacer l'espace occupé par le réservoir de mazout. Cette solution n'a pas été analysée puisque ce modèle de réserve de granule aurait nécessité plus de cinq livraisons par année, ce qui augmente les coûts du combustible. Par contre, le coût du projet serait moins élevé que la solution présentement analysée. Une visite par le représentant Okofen pourrait être effectuée s'il y a un intérêt pour cette configuration.



Figure 27 – Modèle de chaudière en cascade fonctionnant au granule de bois.

Au point de vue économique, les économies sur le coût du combustible serait de l'ordre de 12 000 \$ par année (25 000 litres de mazout à 1,00 \$/litre – 55 tm à 232 \$/tm livrée). L'aide pouvant être accordée par le Programme biomasse forestière de TEQ pourrait atteindre 83 200 \$, mais serait limitée, dans le cas actuel à 73 850 \$ (maximum 50 % du coût du projet

établi à 147 700 \$). Si on prend une réserve financière supplémentaire de 2 000 \$ pour le projet biomasse (frais d'entretien, d'assurances et autres), une économie de 10 000 \$ par rapport au combustible fossile permettrait d'obtenir un retour simple sur investissement (RSI) de 7,4 ans (73 850 \$ d'investissement net / 10 000 \$).

7.4 Analyse préliminaire pour un cas à construire

La CQCH souhaitait aussi présenter une analyse préliminaire d'un cas à construire. L'analyse qui suit porte donc sur une nouvelle construction ou un immeuble dont on aurait prévu l'espace suffisant pour accueillir les chaudières à granule au sous-sol. La dimension minimale du local technique requis pour deux chaudières Okofen est d'environ 10 pieds x 15 pieds, tel que présenté dans la vue en plan suivante. La chaufferie doit aussi prévoir l'espace nécessaire pour l'installation d'une chaudière au propane d'environ 60 kW en appoint, ainsi que le réservoir d'eau domestique et autres équipements de plomberie requis.

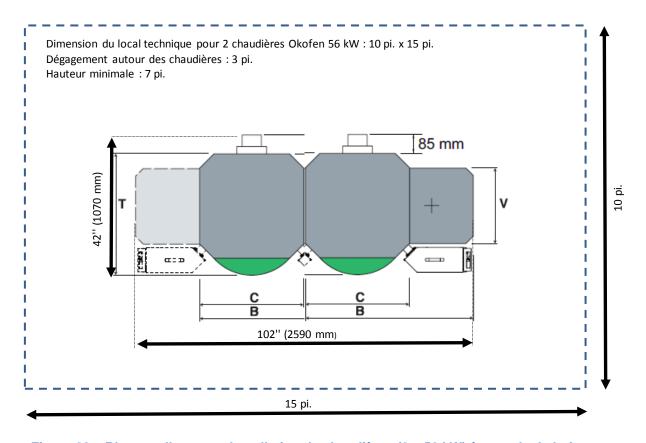


Figure 28 - Blocage d'espace - Installation de chaudières (2 x 56 kW) à granule de bois.

La solution retenue dans la présente analyse comporte l'installation d'un silo à granulé de 40 tonnes, de deux chaudières à granule de 56 kW, d'un réservoir d'accumulation pour l'eau domestique et d'une chaudière au propane de 60 kW.

Le coût de réalisation du projet est détaillé dans le tableau suivant.

Tableau 3 – Estimation préliminaire du coût : projet biomasse – cas à construire

<u>Description</u>	<u>C</u>	<u>oûts</u>	
2 chaudières Okofen de 56 kW		50 000	\$
Chaudière au propane d'appoint 60 kW		5 000	\$
Installation chaudière au propane d'appoint		5 000	\$
Réservoir de granule 40 tonnes		15 000	\$
Cheminée		6 000	\$
Plomberie chaufferie		9 000	\$
Livraison, installation et mise en route		10 000	\$
Électricité		5 000	\$
Sous-total		105 000	\$
Ingénierie	5%	5 300	\$
Administration et gestion	5%	5 300	\$
Contingences	10%	10 500	\$
Total		126 100	\$

Au point de vue économique, si on fait l'hypothèse que la consommation énergétique est la même que le cas existant, les économies sur le coût du combustible seraient aussi de l'ordre de 12 000 \$ par année (25 000 litres de mazout à 1,00 \$/litre – 55 tm à 232 \$/tm livrée). L'aide pouvant être accordée par le Programme biomasse forestière de TEQ pourrait atteindre 83 200 \$, mais serait limitée, dans le cas de figure actuel à 63 050 \$ (maximum 50 % de coût du projet établi à 126 100 \$). Si on prend une réserve financière supplémentaire de 2 000 \$ pour le projet biomasse (frais d'entretien, d'assurances et autres), une économie de 10 000 \$ par rapport au combustible fossile permettrait d'obtenir un retour simple sur investissement (RSI) de 6,2 ans (63 050 \$ d'investissement net / 10 000 \$).

7.5 Analyse préliminaire pour un réseau de chaleur de plusieurs bâtiments

L'analyse qui suit porte sur l'implantation d'une nouvelle chaufferie biomasse pour le chauffage de plusieurs bâtiments situés à proximité. La vue aérienne suivante permet d'avoir un aperçu du réseau de chaleur qui pourrait être implanté dans le secteur du bâtiment proposé par la CQCH. Pour la présente analyse, aucune visite n'a été réalisée pour vérifier les contraintes et la faisabilité technique. L'objectif est simplement de présenter un exemple de système de chauffage collectif.

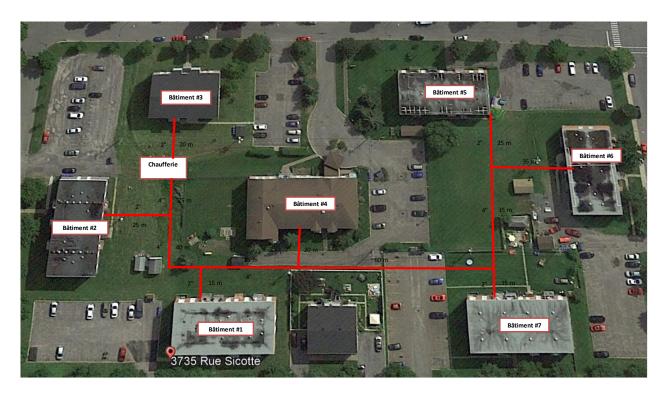


Figure 29 – Exemple d'un réseau de chaleur potentiel.

Le réseau de chaleur présenté ci-dessus comporte sept bâtiments connectés en réseau par une tuyauterie préisolée enfouie à une profondeur d'environ 1 mètre. Chacun des bâtiments conservent sa chaufferie qui peut être utilisée en cas de besoin. La nouvelle chaufferie biomasse distribue la chaleur à chaque bâtiment et l'énergie consommée est mesurée par un compteur d'énergie.

La chaufferie biomasse centrale permet d'utiliser du granule ou des plaquettes. La chaufferie biomasse conçue pour utiliser des plaquettes peut utiliser du granule au besoin. Toutefois, la chaufferie biomasse conçue pour utiliser du granule ne peut pas utiliser des plaquettes. Une chaufferie centrale est intéressante afin de centraliser l'opération et la maintenance des équipements. Certains gestionnaires de bâtiments préfèrent seulement acheter de l'énergie sans avoir la responsabilité des équipements de production de chaleur.

La comparaison sommaire des deux scénarios est présentée dans le tableau suivant.

Tableau 4 – Comparaison d'une chaufferie biomasse centrale fonctionnant au granule vs plaquettes

Chaufferie à biomasse centrale		Granule	Plaquettes	
RÉFÉRENCE	Mazout	litres	169 000	169 000
	Énergie totale	kWh	1 445 288	1 445 288
	Coût de chauffage	\$	169 000 \$	169 000 \$
	Coût de l'énergie	\$/kWh	0,117 \$	0,117 \$
BIOMASSE	Biomasse	tmv	335,0	458,0
	Mazout	litres	16 900,0	16 900,0
	Énergie totale	kWh	1 445 288	1 445 288
	Coût de chauffage*	\$	111 949 \$	86 529 \$
	Coût de l'énergie*	\$/kWh	0,077 \$	0,060 \$
	Économies	\$	57 051 \$	82 471 \$
	Coût du projet	\$	835 000 \$	985 000 \$
	Subvention TEQ	\$	417 500 \$	492 500 \$
	Coût du projet avec	\$	417 500 \$	492 500 \$
	subvention	۶	417 300 \$	492 300 \$
-	RSI avec subvention	ans	7,3	6,0
	Réduction des GES		404,9	404,4

^{*} Inclut les frais de surveillance, d'entretien et d'électricité supplémentaires.

Prix du granule utilisé : 232 \$/tmv à 8% d'humidité

Prix de plaquettes utilisées : 100 \$/tmv à 30% d'humidité

7.6 Étapes de réalisation d'un projet de conversion

Une coopérative d'habitation, qui a de l'intérêt pour la conversion de son système de chauffage actuel pour un système de chauffage utilisant la biomasse forestière, doit d'abord qualifier le potentiel technico-économique de son projet (« faible » potentiel, potentiel « intéressant », potentiel « très intéressant »). Comme cela a été mentionné précédemment, l'analyse peut être faite relativement facilement en recueillant quelques informations de base (chauffage centralisé ou non, quantité de combustibles fossiles consommés annuellement, quantité d'électricité consommée en chauffage). À partir de ces informations, une estimation rapide du potentiel du projet peut être obtenue de firmes spécialisées en chauffage à la biomasse forestière tel que le Service Forêt-Énergie (http://www.fqcf.coop/biomasse/) filiale de la FQCF, le service des énergies renouvelables chez Sonic (www.sonic.coop), filiale de la Coop fédérée et autres, ou encore Vision Biomasse Québec (http://visionbiomassequebec.org/), un organisme regroupant de nombreuses organisations impliquées dans le développement de la filière. Les étapes subséquentes consistent généralement à :

- Réalisation d'une étude de préfaisabilité (analyse technico-économique de base);
- Dépôt d'une demande d'aide financière au programme biomasse forestière de Transition énergétique Québec;
- Finalisation du financement du projet;
- Réalisation des plans d'implantation;
- Choix du ou des fournisseurs (appel d'offres et contrats de réalisation et d'approvisionnement);
- Implantation
- Opération

Les projets de construction d'un nouveau bâtiments suivent généralement un cheminement semblable dès lors que la coopérative d'habitation fait le choix d'un système centralisé de chauffage du multi logements.

8 CONCLUSION

Les nouvelles chaudières automatisées à la biomasse forestière (plaquettes ou granule) sont des équipements très performants permettant de réaliser des économies à moyen et long termes. De plus, lorsqu'on remplace des combustibles fossiles, l'utilisation de la biomasse forestière contribue à la réduction des émissions de gaz à effet de serre. Un programme avantageux, le Programme biomasse forestière de Transition énergétique Québec, réduit considérablement la charge des coûts d'investissement lorsqu'il y a substitution de combustible fossile ce qui permet de générer des économies substantielles dans un horizon de temps plus court.

L'utilisation de chaufferies à la biomasse complètement automatisées a connu un développement fulgurant en Europe au cours des 15 à 20 dernières années et la technologie de ces équipements a grandement évolué. Plusieurs des meilleurs fabricants européens sont maintenant présents sur le marché québécois et il est actuellement possible d'avoir accès à ces technologies de pointe pour réaliser des projets performants.

La solution qu'offrent les biocombustibles (plaquette et granule) pour la production de chaleur est certainement à considérer quand on pense à diminuer son empreinte carbone, car elle est très concurrentielle [coût du combustible de 0,033 \$/kWh pour la plaquette et 0,056 \$/kWh pour le granule (voir figure 1)] par rapport aux énergies conventionnelles.

Liste des annexes

ANNEXE 1 - Schéma de principe - réseau chaufferie biomasse et chaufferie existante

Projet : Chaufferie granule à l'extérieur d'un bâtiment existant Schéma de principe

