

## FICHE #1B : SYSTÈMES DE PRODUCTION DE CHALEUR EFFICACES (conversion de source énergétique)

### **À retenir**

- Réduire ses besoins énergétiques avant d'entreprendre toute démarche de changement de système de génération de chaleur
- Évaluer adéquatement ses besoins énergétiques
- Instaurer un processus de commissioning adéquat dans le cadre de la réalisation du projet
- Déterminer les avantages et les inconvénients de chaque source énergétique
- Sélectionner un système de génération de chaleur de puissance appropriée afin d'opérer à un taux de charge optimal
- Entretenir ses systèmes de génération de chaleur régulièrement
- Envisager la possibilité d'utiliser un réservoir d'hydroaccumulation

### **Description**

Les systèmes de génération de chaleur en serriculture peuvent utiliser diverses sources énergétiques pour leur opération : biomasse, gaz naturel, mazout, propane, etc. Les systèmes utilisant ces combustibles présentent tous des avantages et des inconvénients qui peuvent pousser une entreprise à se tourner vers l'un ou l'autre.

De nombreuses raisons peuvent motiver la conversion de source énergétique: disponibilité soudaine d'une source d'énergie, prix concurrentiel, aides financières de programmes d'efficacité énergétique, etc.

Cette conversion énergétique est généralement couplée à l'achat d'équipements plus efficaces, nonobstant de la source énergétique.

### **Démarche**

Avant d'investir dans tout projet de changement de système de génération de chaleur, il importe de suivre les étapes suivantes :

- Dresser le profil énergétique du complexe serricole;
- Réduire au minimum la charge énergétique nécessaire par l'implantation de mesures d'efficacité énergétique concernant l'enveloppe du bâtiment;
- Réévaluer le profil énergétique en fonction des mesures implantées;
- Dresser la liste des avantages et des inconvénients de chaque source énergétique (prix, facilité d'opération, fiabilité, disponibilité de la source, etc.);
- Déterminer la taille (puissance) et de le rendement de la chaudière à acheter

- Lors du changement de chaudière, il importe également de regarder le rendement de la nouvelle chaudière. En effet, c'est le rendement de combustion d'une chaudière qui permet d'estimer la capacité d'une chaudière à transformer toute l'énergie contenue dans un combustible en chaleur utile.

Dans le cas des combustibles fossiles, «un rendement de 90 % signifie que 10 % de l'énergie contenue dans le combustible est perdue "inutilement" sous forme de chaleur et d'imbrûlés dans les fumées. [...] Une perte de 1 % du rendement de combustion correspond à une augmentation de la consommation d'énergie d'environ 1 %. Les pertes de rendement proviennent principalement de l'âge de la chaudière, d'un brûleur inadapté, d'un mauvais réglage du brûleur, d'un encrassement de la chaudière.»<sup>1</sup>

- Une analyse approfondie du profil énergétique permettra aussi l'optimisation du taux de charge de la chaudière. En effet, l'opération d'une chaudière devrait toujours être réalisée près de la pleine capacité puisque le rendement d'opération d'une chaudière diminue avec son taux de charge. Ce phénomène s'avère d'ailleurs plus prononcé dans le cas des chaudières à la biomasse<sup>2</sup>.
- Prévoir un système d'appoint si nécessaire;
- Sélectionner le système de distribution de chaleur (eau chaude ou air chaud) selon la culture, si applicable
  - Privilégier une distribution de chaleur le plus près des plants possible

Tout projet de changement de système de génération de chaleur devrait également suivre intégrer les principes du commissioning. « Le commissioning [...] est un processus intensif d'assurance de la qualité. Il s'étend sur toute la durée des étapes de la programmation, la conception, la construction et la mise en service, y compris la première année de service. Il aide à garantir que le rendement du [système] répond aux attentes du propriétaire en termes de fonctionnement (consommation d'énergie, d'eau, etc.) et de la qualité de son environnement intérieur.<sup>3</sup> » De plus, il faut s'assurer de bien calibrer le système de distribution de chaleur.

Évidemment, l'entretien de la chaudière revêt une importance particulière puisque l'encrassement, des fuites ou encore des mauvais ajustements de débit peut réduire de manière le rendement. <sup>4</sup>

<sup>1</sup> Bruxelles Environnement (2008). Choisir une nouvelle chaudière. Bruxelles Environnement, section Document en environnement. Repéré à [http://document.environnement.brussels/opac\\_css/elecfile/IF%20Energie%20CH01%20part%20FR](http://document.environnement.brussels/opac_css/elecfile/IF%20Energie%20CH01%20part%20FR)

<sup>2</sup> Dion, L.M. (2012) Les chaudières à la biomasse. Repéré sur Agri-réseau, section Culture abritée. Repéré à <https://www.agrireseau.net/references/32/agri-%C3%A9nergie/5%20colloque%20agri-nergie%202012%20-%20chaudieres%20biomasse%20v23-10-12.pdf>

<sup>3</sup> Ressources naturelles Canada (RNC) (2015) Processus de commissioning. Repéré à <http://www.rncan.gc.ca/energie/efficacite/batiments/commissioning/4060>

<sup>4</sup> Ressources naturelles Canada (RNC) (2001). Amélioration de l'efficacité énergétique des systèmes de chauffage. RNC, section Publications. Repéré à <http://www.rncan.gc.ca/sites/oeo.rncan.gc.ca/files/pdf/publications/infosource/pub/peeic/systemeschauffage.pdf>

## **Sources énergétiques concernées**

Les systèmes de génération de chaleur concernent les sources énergétiques suivantes : mazout #2, propane, gaz naturel, huile usée, électricité et biomasse. Toutefois, les conversions actuelles incluent principalement une migration vers l'électricité, la biomasse et le gaz naturel au détriment des énergies fossiles.

## **Amélioration de l'efficacité énergétique**

Pour déterminer les économies engendrées par l'utilisation d'un système plus efficace lors d'une conversion, il faut tout d'abord déterminer la consommation actuelle de combustible par une compilation des factures énergétiques. Par la suite, il faut remettre les consommations actuelles et anticipées de combustible sur une même base. L'utilisation du kWh s'avère appropriée dans la plupart des cas.

$$\begin{aligned} \text{Consommation actuelle de combustible } \left( \frac{kWh}{an} \right) \\ = \text{Consommation actuelle de combustible } \left( \frac{L, kg, m^3}{an} \right) \times \text{Valeur énergétique } \left( \frac{kWh}{L, kg, m^3} \right) \end{aligned}$$

Les valeurs énergétiques à utiliser se trouvent dans le tableau 1.2 de la fiche 1A – Systèmes de production de chaleur efficaces (maintien d'une même source énergétique).

La consommation anticipée de combustible peut alors être déterminée grâce aux rendements saisonniers des chaudières.

$$\begin{aligned} \text{Consommation anticipée de combustible } \left( \frac{kWh}{an} \right) \\ = \text{Consommation actuelle de combustible } \left( \frac{kWh}{an} \right) \times \left( \frac{AFUE \text{ de l'ancienne chaudière } (\%)}{AFUE \text{ de la nouvelle chaudière } (\%)} \right) \end{aligned}$$

Les AFUE de différents types de chaudière sont disponibles à l'Annexe A de la fiche 1A.

Dans le cas particulier de l'électricité, Hydro-Québec détermine la consommation anticipée d'électricité lors d'une conversion en multipliant le précédent calcul par un facteur de gestion de la demande.<sup>5</sup>

$$\begin{aligned} \text{Consommation anticipée de combustible } \left( \frac{kWh}{an} \right) \\ = \text{Consommation actuelle de combustible } \left( \frac{kWh}{an} \right) \times \left( \frac{AFUE \text{ de l'ancienne chaudière } (\%)}{AFUE \text{ de la nouvelle chaudière } (\%)} \right) \\ \times \text{Facteur de gestion de la demande} \end{aligned}$$

<sup>5</sup> Hydro-Québec (2017). Programme de conversion à l'électricité — Guide du participant. Hydro-Québec, section Affaires — Programmes commerciaux. Repéré à <http://www.hydroquebec.com/pdf/fr/aff-guide-conversion-electricite-mars2017.pdf>

Ce facteur de gestion de la demande est égal à 1 si aucun combustible fossile n'est utilisé pour gérer la demande de puissance d'électricité en pointe. Il est toutefois égal à 0,9 si un combustible fossile est utilisé pour gérer la demande de puissance d'électricité en pointe. À noter également qu'Hydro-Québec utilise des AFUE de 70 % et 75 % pour le mazout #2 et le propane respectivement.

Les économies d'énergie se calculent en soustrayant la consommation anticipée de combustible à celle actuelle :

$$\begin{aligned} \text{Économies de combustibles anticipées} & \left( \frac{kWh}{an} \right) \\ & = \text{Consommation actuelle de combustible} \left( \frac{kWh}{an} \right) - \text{Consommation anticipée de combustible} \left( \frac{kWh}{an} \right) \end{aligned}$$

## **Réduction des émissions des gaz à effet de serre (GES)**

La réduction des GES découle directement de la réduction de la quantité de combustible utilisée. Le calcul se réalise selon la formule suivante :

$$\begin{aligned} \text{Réduction des GES} & \left( \frac{g \text{ de } CO_2eq}{an} \right) \\ & = \text{Consommation actuelle de combustibles} \left( \frac{L \text{ ou } m^3}{an} \right) \times \text{Facteur d'équivalence} \left( \frac{g \text{ de } CO_2eq}{L \text{ ou } m^3} \right) \\ & - \text{Consommation anticipée de combustibles} \left( \frac{L \text{ ou } m^3}{an} \right) \times \text{Facteur d'équivalence} \left( \frac{g \text{ de } CO_2eq}{L \text{ ou } m^3} \right) \end{aligned}$$

Dans le cas d'une conversion vers l'électricité et la biomasse, la réduction des émissions de GES correspond directement à la consommation actuelle du combustible puisque la biomasse et l'électricité sont considérés carboneutres.

Le tableau 1.2 de la fiche 1A – Systèmes de production de chaleur efficaces (maintien d'une même source énergétique) présente d'ailleurs les facteurs d'équivalence pour différentes sources énergétiques.

## **Coûts d'investissements**

Il importe dans un premier temps de déterminer l'investissement requis pour la conversion vers une autre source énergétique. Ce dernier inclut non seulement le nouveau système de génération de chaleur, mais également tout le matériel/équipement, le nouveau bâtiment, la nouvelle configuration des activités de production, l'ordinateur / l'automate de contrôle et son logiciel, etc.

Entre autres, l'investissement minimal pour chauffer à la biomasse est le plus dispendieux et varie entre 100 000 \$ et 300 000 \$<sup>6</sup>, ou se situe entre 100\$ et 150\$ par mètre carré de superficie de serre chauffée. Ainsi, une entreprise de petite ou de moyenne taille n'a pas nécessairement la capacité de rembourser un tel investissement. Chaque entreprise doit donc évaluer sa rentabilité avant d'investir dans un tel système, et ce en fonction de son chiffre d'affaires, de ses dépenses, de son endettement actuel.

Pour des serres nécessitant une capacité de moins de 1 800 kW, les investissements requis ramenés par mètre carré augmentent rapidement.<sup>7</sup> Les entreprises de plus petites tailles ont avantage à utiliser des solutions plus simples sur le plan technique, lesquelles nécessitent un investissement initial de moins grande envergure. Pour les petites serres, les fournisseurs d'équipement privilégient l'installation de systèmes de chauffage à air pulsé utilisant des granules. Ce faisant, il est possible de minimiser les investissements requis et de maximiser la rentabilité des projets tout en utilisant un combustible de qualité.

En 2011, Les Producteurs en serre du Québec ont réalisé une fiche pour évaluer un projet de chauffage à la biomasse.<sup>8</sup> La fiche documentait un projet de conversion du mazout à la biomasse forestière (copeaux) pour une entreprise de 5 000 m<sup>2</sup> avec une consommation annuelle de 250 000 litres de mazout et une puissance brute de 1 100 kW. Le montant total du projet se chiffrait à 448 740\$ et se détaillait comme suit :

**Tableau 1.6 Coûts des investissements pour une conversion à la biomasse (tiré de Les Producteurs en serre du Québec, 2011<sup>9</sup>)**

	Coûts
Entrepôt pour les copeaux	29 600 \$
Système d'alimentation	35 741 \$
Réservoir d'hydroaccumulation de 100 000 litres	35 000\$
Chaudière de 1 100 kW à la biomasse + bâtiment	300 600\$
Intégration de différents systèmes	22 000\$
Services professionnels	25 799\$

Dans cet exemple, l'investissement seul de la chaudière s'élève à 280 800\$, soit 245\$/kW. Dans le plan d'investissement, et ce en fonction du type de biomasse préconisé, il convient de s'assurer d'un

<sup>6</sup> Cadotte, G. Survol de l'utilisation de la biomasse pour le chauffage de serre repéré à <https://www.agrireseau.net/energie/documents/15h%20gilles%20cadotte.pdf>

<sup>7</sup> Les Producteurs en serre du Québec (2011). *L'évaluation économique d'un projet de chauffage à la biomasse*. Repéré à [https://www.agrireseau.net/references/26/fiche\\_parametres\\_economiques\\_biomasse.pdf](https://www.agrireseau.net/references/26/fiche_parametres_economiques_biomasse.pdf)

<sup>8</sup> Les Producteurs en serre du Québec (2011). *L'évaluation économique d'un projet de chauffage à la biomasse*. Repéré à [https://www.agrireseau.net/references/26/fiche\\_parametres\\_economiques\\_biomasse.pdf](https://www.agrireseau.net/references/26/fiche_parametres_economiques_biomasse.pdf)

<sup>9</sup> RNC (2012) Le chauffage au gaz. RNC, section Publications. Repéré à [http://publications.gc.ca/collections/collection\\_2013/rncan-nrcan/M143-2-9-2012-fra.pdf](http://publications.gc.ca/collections/collection_2013/rncan-nrcan/M143-2-9-2012-fra.pdf)

approvisionnement juste et régulier en combustible. En vérifiant correctement les disponibilités du combustible et les techniques d'entreposage appropriées, les investissements requis pour l'entrepôt peuvent varier. Ce faisant, une soumission sera nécessaire et permettra d'avoir un estimé plus précis en fonction de chaque situation d'entreprise.

## **Coûts de fonctionnement**

Les coûts de fonctionnement sont déterminés en calculant préalablement les besoins énergétiques avec la nouvelle source énergétique choisie, et en estimant les frais d'entretien annuel des nouveaux équipements (s'il y a lieu). Un entretien périodique de la chaudière est nécessaire afin de maximiser sa durée de vie utile.

En fait de besoins énergétiques, par exemple, si le prix du mazout prévu sur 10 ans est de 1,00 \$ le litre, et que celui pour les sciures et les rabotures est de 0,085 \$ le kg, on obtient une économie de 0,76 \$/litre de mazout en utilisant un facteur de conversion de 2,8 kg de biomasse pour 1 litre de mazout. Le potentiel de réduction des coûts de chauffage avec des granules ou des copeaux de bois est majeur selon la source d'énergie utilisée initialement. La facture énergétique diminue également en installant une chaudière au gaz naturel plutôt qu'à l'électricité ou au mazout. On note une baisse des coûts en énergie de l'ordre de plus de 30 %.<sup>10</sup>

Pour des équipements servant à chauffer à la biomasse, il faut tenir compte d'au moins 1 à 1,5 % de l'investissement initial en ce qui a trait à l'entretien et aux frais d'exploitation.<sup>11</sup> Il ne faut pas oublier, dans certains cas, les frais de séchage des copeaux de bois utilisé.

## **Période de retour sur l'investissement**

Le calcul de la période de retour sur l'investissement présuppose de connaître le gain économique potentiel, soit la différence de coût entre la source énergétique utilisée précédemment et le coût de la nouvelle source. La durée de vie moyenne des nouveaux équipements doit également être connue et le temps nécessaire pour assurer le maintien et veiller au bon fonctionnement du système (heures travaillées par des employés ou par les propriétaires) doit être estimé. Idéalement, avec l'investissement total, il ne faut pas que la période de récupération dépasse de 4 à 5 ans.

<sup>10</sup> Gaz Métro (2017). Chaudière à eau chaude – Combinez économies et performance. Repéré à <https://www.gazmetro.com/fr/affaires/appareils/chauffage/chaudiere-a-eau-chaude/>

<sup>11</sup> La Terre de chez nous (2014) Nouvelles chaudières à la biomasse de 7,7 M\$ Repéré à <http://www.laterre.ca/utiliterre/equipement/nouvelles-chaudieres-a-la-biomasse-de-77-m.php>

Pour calculer la période de retour sur investissement, il suffit de diviser l'investissement total par les économies annuelles de chauffage moins les frais d'entretien :

$$\text{PRI (an)} = \frac{\text{Coût d'investissement (\$)}}{\text{Économies annuelles de chauffage} \left(\frac{\$}{\text{an}}\right) - \text{Frais d'entretien} \left(\frac{\$}{\text{an}}\right)}$$

Ce calcul permet d'illustrer le temps nécessaire pour rentabiliser l'investissement. L'achat du nouvel équipement permettra surtout de réaliser des économies en chauffage (charges en moins, car la facture d'achat du combustible sera réduite). Toutefois, un tel équipement nécessitera des frais d'entretien relativement important (charges en plus) expliquant ainsi que ces derniers soient pris en compte dans le calcul.

À noter que les gains en revenu potentiel liés à la hausse de la productivité ne sont pas considérés. Par contre, cet élément pourrait réduire la PRI de sorte à rentabiliser plus rapidement l'investissement.

Fiche réalisée par :



**Claudia Berger, ing, CEM** (section Description, Démarche, Sources énergétiques concernées, amélioration de l'efficacité énergétique, Programmes d'efficacité énergétique, Réductions des gaz à effet de serre et Annexe)  
514-966-9586 - [cberger@ecllo.info](mailto:cberger@ecllo.info)



**Stéphanie Brazeau, agr., Conseillère en gestion agricole** (sections Coûts d'investissements, Coûts de fonctionnement et Période de retour sur l'investissement)  
450-359-4761 poste 202 – [stephanie.brazeau@groupeproconseil.com](mailto:stephanie.brazeau@groupeproconseil.com)