

Suivi du fonctionnement des chaufferies bois de petites puissances (<400kW)

Avec le soutien financier de :



Modalité d'utilisation du document :

Auteur : IERA
Version : mai 2018



Creative Commons



Attribution : signature de l'auteur initial obligatoire



Non Commercial : interdiction de tirer un profit commercial de l'œuvre sans autorisation de l'auteur



Share alike : partage de l'œuvre, avec obligation de rediffuser selon la même licence ou une licence similaire

1. Contexte

Le nombre de projets de chaufferies collectives au bois énergie a fortement augmenté ces dernières années. Le suivi de ces projets en fonctionnement constitue un enjeu important pour le bon développement de la filière. En effet, même si celle-ci s'est largement professionnalisée, il reste de nombreuses pistes d'amélioration **notamment pour les chaufferies de petite ou moyenne puissance souvent gérées directement par le maître d'ouvrage**. Plusieurs études Rhônalpines ont pu mettre en évidence ce constat¹. En effet, l'enjeu relatif au suivi et à l'entretien de ces installations n'est pas toujours saisi par les « petites » communes. Et les démarches performantielles contractuelles (Contrats de Performance Énergétique, clauses d'intéressement, etc...) semblent peu adaptées pour ces dimensions de projet où les services internes sont souvent limités et les connaissances spécifiques parfois insuffisantes. Un suivi simplifié de ces projets est donc nécessaire à minima lors de la première année afin de s'assurer de la bonne appropriation des nouvelles installations par les maîtres d'ouvrages et de limiter les éventuelles dérives de fonctionnement.

Afin de faciliter l'intégration de ce suivi simplifié, le réseau IERA propose de définir une méthodologie régionale commune validée par l'ensemble des acteurs de la profession via le Comité Stratégique Bois Énergie (BET, fabricants, exploitants, MO, structures accompagnatrices,...). Cette méthodologie peut ensuite être mise en œuvre

¹ Etude 2014 sur l'audit de 8 chaufferies bois gérées en régie – Etude financée par Rhône-Alpes Énergie Environnement et les Communes Forestières de Rhône-Alpes. Mission d'observation du fonctionnement de 10 chaufferies bois gérées en régie – Etude financée par le Syndicat Mixte du Sud Grésivaudan et réalisée par l'AGEDEN.

soit directement par le maître d'ouvrage lui-même (agent communal impliqué et formé, CEP,...) soit par l'animateur bois énergie du territoire.

2. Méthodologie pour le suivi des chaufferies de petites à moyennes puissance

L'objectif étant de mettre à disposition des structures accompagnatrices et des maîtres d'ouvrage une boîte à outils commune permettant de réaliser le suivi simplifié des chaufferies bois. La méthodologie est construite autour des étapes suivantes :

- **Le plan de comptage**
- **Le suivi des indicateurs de bon fonctionnement**
- **Le suivi de la qualité du combustible**
- **L'entretien et l'exploitation de l'installation**

Préalablement à la prise en main de la chaufferie, le maître d'ouvrage aura fait réaliser des essais de mise en service dynamique de l'installation afin d'effectuer la mise au point des réglages de la chaudière bois et de la chaudière d'appoint. L'exploitation de la chaufferie s'en trouvera simplifiée et les responsabilités entre intervenants du projet plus clairement établies.

2.1. Le plan de comptage

Le plan de comptage, qui permet de connaître les consommations réelles aux différents endroits de l'installation, est la base d'un suivi énergétique même lorsque celui-ci est « simplifié ». Il permet d'identifier des dérives de fonctionnement indécélables à partir d'une simple analyse de factures (achat de fioul, de gaz et de bois). Il permet également d'identifier les principales dérives de consommation sur un pas de temps très court (1 mois par exemple). La réactivité pour la mise en œuvre des actions correctives est donc nettement améliorée, et le fonctionnement de l'installation est optimisé. Pour la mise en œuvre, il s'agit de positionner différents compteurs d'énergie, aux endroits stratégiques, qui permettront ensuite de pouvoir construire les indicateurs de suivi pour valider ou non le bon fonctionnement de l'installation. Pour la gamme de projets concernés, l'ensemble des acteurs du CSBE valide le principe de compter à minima les consommations suivantes :

- La production d'énergie en sortie de chaudière bois,
- La production d'énergie en sortie de chaudière d'appoint,
- L'énergie distribuée au départ du réseau de chaleur,
- L'énergie délivrée à chaque sous-station,
- L'énergie électrique consommée par la chaufferie.
- L'eau consommée par le circuit de chauffage

Une estimation de la consommation de combustible(s) sera également à réaliser, sur la base des volumes ou du poids livrés (selon le mode de livraison) et du niveau de combustible dans le silo, la cuve (fioul, propane) ou au compteur en entrée (gaz).

Pour chaque configuration d'installation, la schémathèque suivante reprend le plan de comptage minimum à prévoir avec l'identification du positionnement des compteurs d'énergie.

Schémathèque :

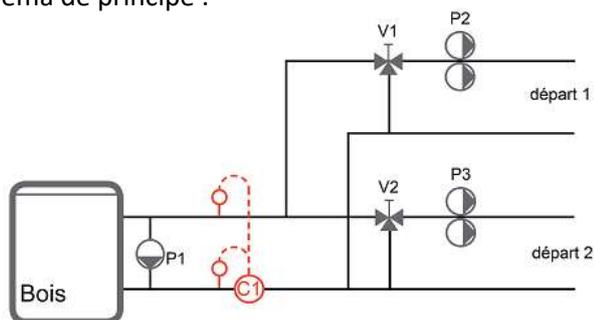
1 - Chaudière bois unique alimentant plusieurs départs au sein d'un même bâtiment

Descriptif :

Le compteur d'énergie doit-être positionné en sortie de chaudière bois après le circulateur de recyclage P1. Il est constitué d'un débitmètre positionné sur le retour et de deux sondes de température positionnées sur l'aller et le retour.

Il doit permettre de mesurer la production totale de chaleur de la chaudière (chauffage + eau chaude sanitaire).

schéma de principe :



2 - Chaudière bois et chaudière d'appoint alimentant plusieurs bâtiments via un réseau de chaleur

Descriptif :

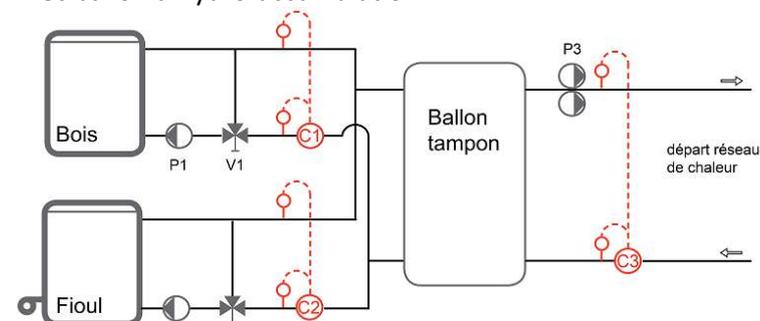
Le plan de comptage doit comprendre :

- un compteur d'énergie positionné en sortie de chaque chaudière après le recyclage.
- un compteur d'énergie positionné sur le départ du réseau de chaleur.

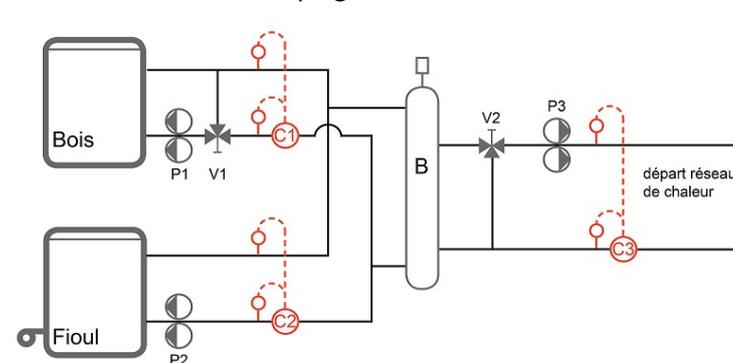
Chaque compteur est constitué d'un débitmètre positionné sur le retour et de deux sondes de température positionnées sur l'aller et le retour. Ils doivent permettre de mesurer la production totale de chaleur de chacune des chaudières (chauffage + eau chaude sanitaire).

schéma de principe :

Avec ballon d'hydro-accumulation :



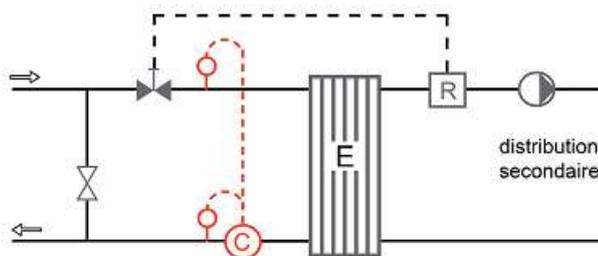
Avec bouteille de découplage :



3 - Sous-station

Un compteur d'énergie doit-être positionné en amont de l'échangeur thermique (E).

Il est constitué d'un débitmètre positionné sur le retour et de deux sondes de température positionnées sur l'aller et le retour.



2.2. Le suivi des indicateurs de bon fonctionnement

Le maître d'ouvrage devra faire preuve d'une vigilance toute particulière sur le suivi des indicateurs décrits ci-après durant les deux premières années suivant la mise en service. Plus le problème est identifié tôt, plus il sera facile de le corriger à moindre frais, et plus le bon fonctionnement de l'installation bois sera assuré. Les années suivantes, le suivi garde son importance pour le maintien du bon fonctionnement dans la durée.

Relève des données	compteur d'énergie	Unité	fréquence de relève
Données obligatoires			
• Production d'énergie en sortie de la chaudière bois	C1	kWh	mensuelle
• Production d'énergie en sortie de la chaudière d'appoint	C2	kWh	mensuelle
• Energie distribuée départ réseau de chaleur	C3	kWh	mensuelle
• Energie livrée en sous-station	C4	kWh	mensuelle
• Consommation d'électricité de la chaufferie	EL1	kWh	mensuelle
• Consommation d'eau du circuit de chauffage	E1	m ³	mensuelle
• Volume du silo au début de la période de suivi	V1	m ³	annuelle
• Volume du silo à la fin de la période de suivi	V2	m ³	annuelle
Données optionnelles			
• Consommation départ eau chaude sanitaire	-	kWh	annuelle
• Consommation départ chauffage	-	kWh	annuelle
• Température de consigne chaudière bois	Afficheur chaudière	°C	ponctuelle

Remarque : les données optionnelles permettront, en cas d'anomalie, ou de surconsommation, de pouvoir analyser plus facilement les causes de ces dérives.

Les indicateurs			Unité	Fréquence
I1	Rendement chaudière bois	C1 et consommations de bois en entrée	%	annuelle
I2	Ratio de consommation d'électricité	EL1 et C1 ou C3	kWhelec/KWhth ou %	annuelle
I3	Rendement chaudière d'appoint	C2 et consommations d'appoint en entrée	%	annuelle
I4	Taux de couverture de la chaudière bois	C1 et C2	%	mensuelle
I5	Pertes du réseau de chaleur / énergie livrée C4	C3 et C4	%	mensuelle

Les indicateurs I3, I4, I5 ne sont suivis que pour les installations concernées.

Aux vues des incertitudes de mesure, l'appréciation du rendement de la chaudière bois et de la chaudière d'appoint ne peut s'effectuer que sur une période d'un an.

Remarque sur l'évaluation des consommations d'énergie en entrée des chaudières :

- **Chaudière bois :**

L'estimation de la consommation d'énergie en entrée de la chaudière bois s'effectue à partir de la quantité de bois consommée et de son pouvoir calorifique. Le pouvoir calorifique par tonne étant peu fluctuant selon l'essence du bois, il est nécessaire de connaître avec suffisamment de précision **le nombre de tonnes** et **le taux d'humidité** du bois consommés. En revanche le PCI au volume (MAP) et pour une même humidité peut être très différent selon l'essence de bois. Dans ce cas, il est donc nécessaire de connaître, **le volume de bois**, **le taux d'humidité** mais également la répartition selon **le type d'essence** (bois durs, bois moyens, bois tendres).

Les différentes pratiques constatées en matière d'achat de bois, pour les petites installations, ne sont pas équivalentes et ne donnent pas la même précision pour l'estimation de la quantité d'énergie.

Estimation de la quantité d'énergie consommée en entrée de la chaudière bois (kWh)

méthode	Taux d'humidité		Quantité livrée	Fiabilité de la méthode
	qui	comment		
Cas 1	Fournisseur	Mesure à l'étuve à chaque livraison	Pesée de chaque livraison (tonnes)	Bonne
Cas 2	Fournisseur Maitre d'ouvrage	Estimation visuelle Mesures ponctuelles	Pesée de chaque livraison (tonnes)	Bonne à Moyenne
Cas 3	Fournisseur Maitre d'ouvrage	Estimation visuelle Aucune mesure	Pesée de chaque livraison (tonnes)	Bonne à Moyenne
Cas 4	Fournisseur Maitre d'ouvrage	Estimation visuelle Mesures ponctuelles	Estimation du volume (MAP) – avec hypothèse de répartition selon l'essence de bois	Moyenne
Cas 5	Fournisseur Maitre d'ouvrage	Estimation visuelle Aucune mesure	Estimation du volume (MAP) - sans hypothèse de répartition selon l'essence de bois	Très incertaine – à proscrire

Le cas 5 est à proscrire puisqu'il ne permet pas d'identifier avec suffisamment de précision la quantité d'énergie équivalente. Dans le cas d'un achat de bois au MAP, il est nécessaire de respecter à minima le cas 4. En effet, contrairement à l'achat de bois au poids, l'achat de bois au volume présente, pour un même volume, une variation non négligeable d'énergie selon l'essence de bois.

Exemple :

1 tonne de bois à 25% d'humidité équivaut en moyenne à 3 600 kWh pour des feuillus durs, 3 500 kWh pour des feuillus tendres et 3 700kWh pour les résineux soit une variation de 5% max de la quantité d'énergie.

4 MAP de bois à 25% d'humidité équivalent en moyenne à 3 800 kWh pour les feuillus durs, 2 800 kWh pour les feuillus tendres et 3 400 kWh pour les résineux soit une variation de 25% max de la quantité d'énergie. L'achat du bois à la tonne est donc à privilégier. Lorsque cela n'est pas le cas, il est recommandé à minima de renseigner la répartition moyenne entre le type d'essence. Dans le cas contraire, l'erreur sur l'estimation de la quantité d'énergie équivalente peut dépasser les 20 %.

Toujours dans le cas d'un achat au MAP il est nécessaire de demander au fournisseur à minima pour 2 livraisons la mesure du taux d'humidité avec une étuve.

Le maitre d'ouvrage peut également effectuer des contrôles plus ou moins réguliers². En cas de doute ou de blocage de vis, il peut également effectuer un contrôle de la granulométrie du combustible livré³.

Dans tous les cas, le bon de livraison doit mentionner le poids (ou le volume lorsqu'il n'est pas possible de faire autrement) de la livraison et le taux d'humidité.

Les volumes de bois présents dans le silo avant la première livraison et à la fin de la période de suivi devront être estimés visuellement afin d'intégrer l'effet de stock.

Les facteurs de conversions (pouvoir calorifique massique), quel que soit l'essence du bois, seront les suivants :

Taux d'humidité (%)	20%	25%	30%
PCI (kWh/tonne)	3 800	3 600	3 300

² Auprès d'un laboratoire Bois Energie en suivant le mode opératoire de prélèvement des échantillons.

³ Ibid.

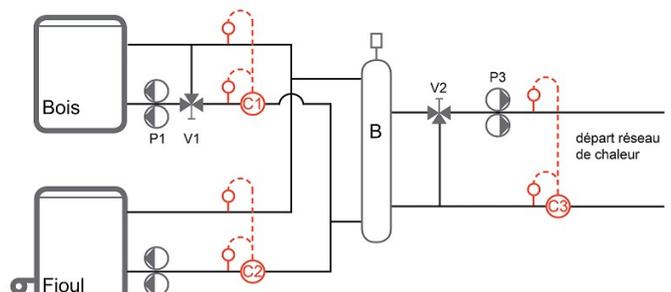
Chaudière fioul/propane :

La consommation de fioul ou de gaz propane s'effectue à partir des livraisons et du niveau de remplissage de la cuve avant la première livraison et à la fin de la période de suivi. A défaut d'une autre méthode plus précise, ce niveau est obtenu à partir de la jauge de la cuve. Pour le propane, le coefficient devra être pris en compte. Il s'agit donc bien d'une approximation.

- **Chaudière gaz naturel :**

La consommation de gaz naturel sera évaluée par un relevé de la consommation en m³ de gaz au compteur à la date fixe choisie pour les relevés annuels. Le coefficient de conversion kWh/m³ retenu sera celui de la facture émise par le fournisseur autour de la période de relève du Maître d'Ouvrage (début/fin de la période de suivi).

Exemple de fiche de rendu annuelle :

Site : Année de mise en service : Puissance chaudière bois : Puissance chaudière d'appoint :	Accompagnateur : Année / période de suivi :
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="width: 30%;"> <p>Bois déchiquetéMAP105.....tonnes</p> <p>Bois granulétonnes</p> <p>Fioul19200.....litres</p> <p>Propanelitres</p> <p>Electricité chaufferiekWh</p> </div> <div style="width: 35%; border: 1px solid #ccc; padding: 10px; background-color: #e0f2f7;"> <p style="text-align: center;">Chaufferie</p> <p>Energie bois produite C1 : 285 MWh Rendement chaudière : I1 = 75%</p> <p>Energie appoint produite C2 : 153 MWh Rendement chaudière : I3 = 80%</p> <p>Taux de couverture bois : I4 = 65%</p> <p>Ratio de consommation d'électricité : I2 = 5%</p> </div> <div style="width: 30%; text-align: center;"> <p>Réseau de chaleur</p> <p>Energie distribuée C3 : 414 MWh</p> <p>Pertes réseau : I5 = 12%</p> </div> <div style="width: 25%; border: 1px solid #ccc; padding: 10px; background-color: #e0f2f7;"> <p style="text-align: center;">Usagers</p> <p>Energie livrée en sous-station C4 : 370 MWh</p> </div> </div>	
I1 : rendement chaudière bois ; I2 : ratio de consommation d'électricité ; I3 : rendement chaudière d'appoint ; I4 : taux de couverture bois ; I5 : pertes du réseau de chaleur (% par rapport à l'énergie livrée en sous-station C4)	
Schéma de principe : 	Commentaires :

--	-------

Un outil Excel est mis à disposition et permet de générer les indicateurs à partir des données saisies.

2.3. Le suivi de la qualité du combustible bois et de sa consommation

Les caractéristiques du bois doivent être adaptées à celles de l'installation (granulométrie, humidité). L'achat de bois à la tonne est fortement recommandé avec pesée de chaque livraison et mesure du taux d'humidité à l'étuve afin de connaître, avec suffisamment de précision, la quantité d'énergie correspondante. Lorsque la pesée n'est pas possible et que l'achat de bois se fait au volume (MAP) il faut à minima, pour pouvoir estimer la quantité d'énergie correspondante :

- Demander au fournisseur 2 mesures d'humidité à l'étuve au cours de l'année,
- Connaître la répartition moyenne entre les différentes essences de bois (bois durs, bois moyens, bois tendres). Cette répartition est à saisir dans l'outil Excel pour l'estimation de la quantité d'énergie consommée en entrée de la chaudière.

2.4. L'entretien et l'exploitation de l'installation

2.4.1. L'entretien obligatoire

Tous les ans, les installations doivent subir une vérification complète obligatoire afin de contrôler leur bon fonctionnement. Plusieurs obligations s'imposent et doivent être réalisées par un professionnel :

- **un entretien annuel obligatoire pour les chaudières de 4 à 400 kW**, conformément aux dispositions du décret du 9 juin 2009 et l'arrêté du 15 septembre 2009 précisant les opérations à réaliser.
- **un ramonage du conduit de fumée 2 fois par an dont au moins une fois pendant la saison de chauffe**. Il doit être réalisé par une entreprise en possession d'un titre reconnu de qualification professionnelle. De plus tous les 3 ans, une vérification de l'étanchéité du conduit dans son intégralité devra être réalisée par des professionnels de ce métier. La procédure la plus courante pour cette vérification consiste en un essai fumigène.
- **un entretien annuel obligatoire du disconnecteur** (organe de protection de lutte contre les phénomènes de retour d'eau du circuit de chauffage vers le réseau d'eau). L'entretien du disconnecteur (BA) doit être réalisé par un organisme habilité.

2.4.2. L'exploitation de l'installation

Une visite de contrôle doit être effectuée régulièrement si possible tous les jours (entre 5 à 10 minutes) pour la vérification du bon fonctionnement de l'installation. Cette visite peut être réalisée par le maître d'ouvrage et comprend notamment :

- un contrôle sur l'ensemble de l'installation (silo/alimentation : bon écoulement du combustible, aucun blocage, etc. ; chaudière ; armoire de commande : aucun défaut d'affichage, etc.),
- un contrôle sur l'absence de bruits anormaux des organes.

Des interventions plus complexes de paramétrage et d'entretien sont à prévoir tout au long de l'année. Elles devront intégrer l'ensemble des interventions prescrites par le constructeur de la chaudière. Il est vivement

conseillé de confier tout ou partie de ces interventions à une entreprise spécialisée. Un livret de chaufferie doit être tenu après chaque opération effectuée dans la chaufferie par la personne en charge de la maintenance.

Si certaines interventions sont effectuées par du personnel du maître d'ouvrage, celui-ci doit être formé à la conduite de l'équipement par le fabricant ou sinon bénéficier d'une formation adaptée sur la conduite de chaufferie bois.

Le tableau suivant présente les principales interventions à prévoir pour cette gamme de puissance avec une distinction des tâches pouvant être réalisées par le maître d'ouvrage :

Action	Fréquence	maître d'ouvrage	Exploitant
Général			
Mise en service annuelle – mise au point des paramètres de fonctionnement			x
Vérification du bon fonctionnement général de l'installation (état des alarmes de défauts, des thermomètres et sondes, de la pression du circuit, etc.)	A chaque passage	x	x
Chaudière bois			
Dégager les cendres du foyer grâce à un cycle de décrochage			x
Vider le cendrier en s'assurant de laisser les cendres envelopper la vis dans son tube de guidage pour interdire les entrées d'air parasite dans la chaudière		x	
Nettoyage de toutes les surfaces de l'échangeur		X (avec une formation)	x
Nettoyage du carneau de fumées		x	x
Nettoyage du ventilateur d'arrivée d'air (démontage de la grille et nettoyage des pales)			x
Nettoyage de l'allumeur			x
Nettoyage et graissage du mécanisme de décrochage		X (avec une formation)	x
Graissage des paliers de vis et de l'arbre cannelé d'extracteur		X (avec une formation)	x
Nettoyage complet du foyer, contrôle du réfractaire, nettoyage de la grille			x
Contrôle de la course de la grille			x
Vérification des sondes (température, oxygène,...). Nettoyage de la sonde lambda			x
Contrôle visuel des pièces d'usure			x
Vérification des paramètres de fonctionnement (paramètres de régulation, nombre d'heures de fonctionnement, etc...)			x
Régulation			
Vérification du bon fonctionnement des organes de régulation			x
Vérification de l'asservissement des vannes de mélange			x
Contrôle de l'accouplement et des fins de course des vannes motorisées			x
Modification des paramètres de régulation selon demande (loi d'eau, programmation horaire, etc.)			x
Electricité			

Contrôle de serrage des connexions, contrôle des valeurs d'isolement, réglages des intensités, contrôle des témoins lumineux,			x
Organes			
Contrôle des vannes (resserrage des presse-étoupe, ouverture/fermeture), circulateurs, système d'expansion			x
Chaudière d'appoint – entretien annuel obligatoire à minima			x

En complément des interventions de l'exploitant, il est parfois conseillé de prévoir une intervention du fabricant lui-même pour un diagnostic plus approfondi (fréquence à définir).