



ANNEXE DE LA FICHE PARAMÈTRES TECHNIQUES DE L'IMPLANTATION D'UN SYSTÈME DE CHAUFFAGE À LA BIOMASSE

Avis

L'information contenue dans ce document est fournie à titre indicatif seulement. Son utilisation exige une adaptation aux conditions particulières de l'entreprise. Il faut considérer chaque projet comme un cas unique.

Paramètres techniques de la biomasse

Tableau 1 – Combustibles biomasse et les technologies qui sont les mieux adaptées

Biomasse			Puissance	Technologies d'alimentation et de combustion adaptées
Type	Granulométrie	Humidité	kW	
Écorces et broyat	Hétérogène	Humide	5 000 à 10 000	Désilage : racleurs Convoyage : racleurs ou bande transporteuse Foyer : grilles inclinées mobiles, forte inertie
Écorces et broyat Écorces et plaquettes humides Écorces avec réserve d'alimentation	Homogène	Humide	800 à 5 000	
Écorces calibrées avec réserve d'alimentation Plaquettes calibrées humides	Homogène	Humide	> 500	
Broyat	Homogène	Sec	> 800	Désilage : racleurs Convoyage : racleurs ou bande transporteuse Foyer : grilles, faible inertie
Tout produit calibré (sauf écorces et sciures) avec stockage / séchage d'environ 6 mois pour les combustibles initialement humides (plaquettes de scierie, plaquettes forestières...), et réserve d'alimentation pour les produits plus secs (plaquettes issues de chutes de menuiserie et broyat)	Homogène	Sec	Toutes	Désilage : tout type Convoyage : tout type Foyer : à creuset ou à grilles, faible inertie
Granules	Homogène	Sec	Toutes	Désilage : par gravité Convoyage : vis Foyer : brûleur de faible inertie

Adaptation : tableau 3.7, p. 111 – Mise en place d'une chaufferie au bois – ADEME

Lexique

Broyat : combustible sous forme de morceaux de bois brut broyé, plus ou moins fibreux

Convoyage : équipement permettant le transfert du combustible depuis le silo de stockage jusqu'à l'entrée du foyer de la chaudière

Désilage : équipement installé en partie basse du silo de stockage, qui permet l'extraction du combustible vers le système de convoyage

Écorce : partie superficielle et protectrice de l'arbre

Foyer : équipement qui assure l'introduction du combustible dans le foyer de la chaudière

Plaquette : bois déchiqueté

Sciure : particules de bois issu du sciage du bois massif

Paramètres techniques du système de chauffe

Tableau 2 – Principales caractéristiques recherchées pour les principales composantes du système de chauffe

Composantes	Fonctions / Commentaires
Entrepôt de la biomasse	Assécher la biomasse Préserver les caractéristiques recherchées de la biomasse
	<ul style="list-style-type: none">Les dimensions et les caractéristiques de l'entrepôt seront en fonction de la biomasse choisie et de l'autonomie d'approvisionnement recherchée. Celles-ci auront un impact au niveau de l'aménagement.
Réserve d'alimentation	Préserver les caractéristiques de la biomasse Alimenter la chaudière
	<ul style="list-style-type: none">Le volume de la réserve devrait permettre 3 à 10 jours de chauffe en période hivernale (autonomie recherchée entre deux chargements en période de pointe).Idéalement, la réserve devrait être localisée à l'intérieure de la chaufferie. Dans le cas contraire, s'assurer de l'étanchéité de la réserve et du système d'alimentation de la biomasse vers la chaudière envers les intempéries.
Chaudière	Alimenter en chaleur le réservoir d'hydro-accumulation, les serres et les bâtiments de l'entreprise
	<ul style="list-style-type: none">La puissance de chauffe à installer est fonction : besoin de chauffe (pointe et 24 h pour la période d'opération), efficacité intrinsèque de la chaudière, réservoir d'hydro-accumulation, autres systèmes de génération de chaleur.La puissance de chauffe à installer peut être réduite de 20% à 40% par rapport à un système conventionnel avec un système de chauffe à biomasse avec réservoir d'hydro-accumulation, tout en répondant à plus de 95 % des besoins de chauffe. Évidemment, le système doit être bien conçu : chaudière non surdimensionnée et performante, homogénéité de la biomasse d'une livraison à l'autre, réservoir d'hydro-accumulation bien dimensionné et isolé, réseau hydronique balancé et isolé au besoin, système de contrôle adapté à ce type de système.En cas de bris ou encore pour répondre à de froids extrêmes, un système de chauffe de secours est requis. La puissance minimale devrait permettre de maintenir la température à l'intérieur des serres à 5 C sans l'utilisation d'écran thermique. Cette température peut être plus élevée.Les principales composantes de la chaudière sont le foyer, l'échangeur de chaleur, les ventilateurs primaire et secondaire, le système de traitement des fumées (exemples : dépoussiéreur, extracteur de fumées, cheminée) et le système de décendrage. Pour un modèle de chaudière, il peut y avoir diverses options liées à l'automatisation des opérations.Condensation des fumées et récupération d'énergie : L'idée est de récupérer en partie la chaleur latente contenue dans la vapeur d'eau. Des technologies existent, mais ce procédé reste à être évalué d'un point de vue technique et économique en fonction de notre contexte d'opération des serres.
Réservoir d'hydro-	Entreposer la chaleur produite par les systèmes de génération de chaleur lorsque le besoin est faible, et la restituer au

Composantes	Fonctions / Commentaires
accumulation	<p>besoin. Lisser les consommations d'énergie.</p> <ul style="list-style-type: none"> Un réservoir d'hydro-accumulation permet de lisser les consommations d'énergie et ainsi gérer les variations de demande en énergie. Il optimise le rendement de la chaudière tout en accroissant sa longévité. L'utilisation d'un réservoir d'hydro-accumulation peut engendrer des économies d'énergie de l'ordre de 5% à 15%. Il assure une plus grande autonomie en cas de défaillance de la chaudière. Les caractéristiques du réservoir doivent être évaluées en fonction des besoins de chauffe, des caractéristiques du système de chauffe, de l'autonomie minimale recherchée de la chauffe en cas de bris et de l'endroit où il va être installé. Ces caractéristiques sont en outre le type de réservoir (horizontal ou vertical), la localisation des entrées et sorties d'eau, le type de vase d'expansion, l'isolation, le volume, etc. Un réservoir d'hydro-accumulation bien conçu va favoriser la création de stratification de température à l'intérieur du réservoir. Il est possible d'atteindre des niveaux de stratification atteignant les 40 C. Plus le niveau de stratification est élevé, plus il contribue à optimiser la performance globale du système de chauffe. Il est important que l'entrée d'eau chaude provenant de la chaudière ou encore la sortie d'eau chaude allant vers les serres soient localisées dans le haut du réservoir; et le contraire pour l'eau refroidie.
Réseau hydronique	<p>Fournir la chaleur aux différentes serres et bâtiments de l'entreprise</p> <ul style="list-style-type: none"> La conception est souvent négligée et elle est fort complexe (capacité d'alimentation, équilibrage du réseau hydronique, pertes de charge minimales, boucles de chauffe). Autre que le réseau de tuyauterie, les pompes, les valves, les régulateurs, les échangeurs (exemples : aérotherme) font partie de cette composante. L'opération des différentes boucles de chauffe doit se faire avec un système de contrôle adapté à ce type de système de chauffe. L'isolation des tuyaux d'eau chaude pour les zones où la chaleur n'est pas nécessaire est essentielle. Une mauvaise conception va affecter la fonctionnalité et la performance globale du système de chauffe (fonctionnement non optimal des pompes, réseau hydronique déséquilibré). Il est important aussi de vérifier la qualité de l'eau au moins une fois par année et d'apporter les correctifs nécessaires. Des traitements avec certains produits chimiques seront nécessaires pour préserver l'état du système de chauffe.
Système d'alimentation en biomasse	<p>Alimenter la réserve ou encore la chaudière en biomasse</p> <ul style="list-style-type: none"> Le tableau 1a présente les technologies d'alimentation les mieux adaptées pour un type de biomasse donné. La conception est en fonction des caractéristiques de la biomasse. Aussi, pour minimiser les risques d'incendie, il ne faut pas négliger la conception du coupe-feu.
Système de contrôle et de gestion	<p>Harmoniser les différentes composantes du système par une opération et une gestion optimale</p> <ul style="list-style-type: none"> Le système de contrôle et de gestion adapté à ce type de système de chauffe permet anticiper les besoins de chauffe et d'harmoniser le fonctionnement des diverses composantes. Ce type de système de contrôle est essentiel. Sans ce dernier, il sera difficile d'obtenir des performances globales et optimales du système de chauffe.

Tableau 3 – Dimensionnement du bâtiment de la chaufferie *selon la puissance de la chaudière à installer*

Puissance installée kWh	Superficie (m²) m² = Puissance installée • x%	Hauteur (m) m = Puissance installée • x%
< 500	9 %	0,7 %
500 < kWh < 1000	6 %	0,4 %
> 1000	2 %	0,2 %

Les données présentées dans ce tableau ne tiennent pas compte de la superficie nécessaire pour implanter le réservoir d'hydro-accumulation, la réserve d'alimentation ou encore l'entrepôt de la biomasse.

Paramètres techniques de la gestion et du suivi de projet

Tableau 4 – Éléments que devra contenir le cahier de charges

Items	Description
Historique de l'entreprise	Décrire et présenter la mission de l'entreprise. Identifier les noms des responsables.
Description du contexte actuel	Décrire le contexte d'opération de l'entreprise de façon générale et au niveau de la chauffe.
Définition du problème	Décrire les problématiques vécues par l'entreprise au niveau de la chauffe et les principales raisons de la démarche actuelle
Objectifs visés	Identifier vos principaux objectifs.
Identification des éléments techniques	Présenter les éléments techniques que les soumissionnaires devront répondre.
Règles d'acquisition du cahier de charges	Définir les règles afin d'établir une procédure standard pour l'acquisition du cahier des charges.
Instructions aux soumissionnaires	Définir les règles pour uniformiser la présentation des offres de service pour en assurer un emploi simple et efficace et pour aider le soumissionnaire à préparer un document complet répondant aux exigences de l'entreprise serricole.
Identification des éléments que devront inclure les soumissionnaires	Définir les éléments que devront contenir les offres de services. En voici une liste non exhaustive : présentation du soumissionnaire, adéquation de la soumission en fonction du cahier de charges, détermination des services rendus, plan de réalisation des services rendus, présentation de l'équipe du soumissionnaire incluant leurs sous-traitants, budget en fonction des principales composantes ou encore étapes, clauses complémentaires (exemples : modes de facturation et de paiements, garanties) et les documents annexes (exemples : plans et devis, outils nécessaires pour opérer et effectuer la maintenance, options possibles).

Tableau 5 – Grille d'évaluation des soumissions

Critères d'évaluation	Pondération	Offre					
	%	#1	#2	#3	#4	#5	#6
Compréhension de l'entreprise à l'appel d'offres	10						
Qualité et précision de l'offre de services	5						
Expérience de l'entreprise : conception et installation	5						
Échéancier	10						
Intégration aux systèmes existants	10						
Aspects techniques : entrepôt, réserve d'alimentation, chaudière, réservoir d'hydro-accumulation, réseau hydronique, contrôle, maintenance, aménagement	30						
Aspects financiers	15						
Aspects de sécurité	5						
Formation et support d'après-vente	5						
Garanties	5						
Appréciation globale :	100						

Note : Ceci est un exemple, vous pouvez personnaliser les critères et la pondération qui y sont associés.

Tableau 6 – Éléments importants à introduire dans l'entente entre l'entreprise serricole et le soumissionnaire retenu

Entreprise serricole	Soumissionnaire
<ul style="list-style-type: none"> • Définir les responsabilités de l'entreprise serricole avant, pendant et après la réalisation du projet. • Définir et fournir les informations et les renseignements nécessaires au soumissionnaire et à leurs sous-traitants lors de la réalisation du projet. • Définir les ressources internes nécessaires pour supporter le soumissionnaire lors de la réalisation du projet. • Définir les frais que l'entreprise serricole devra défrayer. • Définir et respecter les préalables nécessaires et exigés par le soumissionnaire pour implanter adéquatement le système de chauffe et par la suite pour assurer son bon fonctionnement. 	<ul style="list-style-type: none"> • Réaliser le mandat selon l'offre de services et le tout selon les règles de l'art. • Définir les responsabilités du soumissionnaire avant, pendant et après la réalisation du projet. • Respecter des échéanciers et les coûts de réalisation. • Identifier les sous-traitants, leurs mandats et leurs responsabilités. • Obtenir les plans et devis (ingénierie) : aménagement, chaudière, réseau hydronique incluant le réservoir d'hydro-accumulation. • Définir l'étalement et le montant des paiements. • Définir les pénalités en cas de non-respects du mandat, des échéanciers et lors de problèmes techniques.

Tableau 7 – Prises de données suggérées

Items	Fonction ¹			Localisation des capteurs / Autres commentaires	Prise de données (manuelle et automatisée)	
	Opérer ²	Maintenir ³	Suivre ⁴		M	A
Température extérieure	✓		✓	1 x localisé à bonne distance des différentes ouvertures et de la cheminée. Si possible, du côté des vents dominants en période hivernale. <ul style="list-style-type: none"> Permet d'évaluer les degrés-jours de chauffe (DJc⁵) 		X
Température intérieure	✓		✓	1 x ou plus pour chacune des serres <ul style="list-style-type: none"> Permet d'évaluer les degrés-jours de chauffe (DJc) 		X
Consignes de chauffe	✓		✓	1 x ou plus pour chacune des serres <ul style="list-style-type: none"> Permet d'évaluer les degrés-jours de chauffe (DJc) 	X	X
Superficie chauffée			✓	Pour chacune des serres <ul style="list-style-type: none"> Permet d'évaluer les DJc-m² 	X	
Radiation solaire	✓		✓	1 x à l'extérieur <ul style="list-style-type: none"> Permet d'évaluer l'impact des gains solaires sur la chauffe 		X
Vent : vitesse et direction	✓		✓	1 x à l'extérieur <ul style="list-style-type: none"> Permet d'évaluer l'impact du vent sur la chauffe 		X
Température d'eau chaude (boucles de chauffe)	✓	✓	✓	1 x sur l'aller de chacune des boucles d'eau chaude (puits de captage) 1 x sur le retour de chacune des boucles d'eau chaude (puits de captage indirect) <ul style="list-style-type: none"> Permet d'évaluer le transfert d'énergie selon les boucles de chauffe <u>Puits de captage indirect</u> <ul style="list-style-type: none"> Il est recommandé d'utiliser un puits de captage indirect. Ce type de puits facilite la validation et l'étalonnage du capteur de 		X

¹ Pour la chauffe seulement.

² Opérer et gérer efficacement le système de chauffe. Généralement, il faut un système de contrôle ordonné qui évaluera et anticipera les besoins de chauffe. Ceci permet d'harmoniser davantage les diverses composantes du système de chauffe et par le fait même les autres systèmes qui se retrouvent dans les serres (exemple : ventilation).

³ Connaître l'état de fonctionnement des systèmes et les anomalies.

⁴ Avec l'aide d'un professionnel, les données recueillies peuvent être compilées, traitées et analysées pour évaluer entre autres la performance du système de chauffe.

⁵ Les degrés-jours mesurent la différence entre la température moyenne d'un jour donné par rapport à une température de référence et expriment les besoins en chauffage. Plus ce chiffre est grand, plus les besoins de chauffe sont importants.

Par exemple : supposons une journée de janvier où la température moyenne journalière est de -10°C. Le nombre de degrés-jours de chauffage pour cette journée par rapport à une température de référence de 18°C se calcule de la façon suivante : DJc (base 18°C) = 18 - (-10) = 28.

Pour les serres, l'approche du CIDES est plus précise. Le calcul se fait généralement sur une base horaire. La température de référence est le minimum entre la consigne moyenne horaire de chauffe et la température moyenne horaire intérieure réalisée dans la serre. La température extérieure est la température moyenne horaire extérieure. On doit tenir compte que les DJc sur une base horaire représentent 1 h sur 24 h.

Exemple : Entre 13 h et 14 h la consigne moyenne de chauffe de la serre était de 20°C, la température moyenne intérieure réalisée de la serre était de 22°C (température plus élevée due au gain solaire), la température moyenne extérieure était de -15°C. En tenant compte que les DJc représentent une heure d'une journée, les DJc se calculent de la façon suivante : DJc_{HOORAIRE} (minimum entre la consigne et la température réalisée) = [20 - (-15)] x (1/24) ≈ 1,46. En effectuant la sommation des DJc_{HOORAIRE} pour une journée, cette somme représente les DJc d'une journée.

Items	Fonction ¹			Localisation des capteurs / Autres commentaires	Prise de données (manuelle et automatisée)	
	Opérer ²	Maintenir ³	Suivre ⁴		M	A
				<p>température; et son remplacement en cas de bris.</p> <ul style="list-style-type: none"> Le puits doit être localisé à une certaine distance des zones où il aurait : <ul style="list-style-type: none"> des mélanges d'eau ou encore des zones de turbulences (exemple : près d'une valve-mélangeuse) ; une stratification des températures à l'intérieur du tuyau (situation plutôt rare dans nos conditions d'opération). Le puits de captage indirect doit être inséré à l'intérieur du tuyau : minimum entre 4" ou la moitié du diamètre nominal du tuyau. Il faut insérer à l'intérieur du puits le capteur de température avec une graisse thermique conductrice. Cette graisse assure une bonne lecture de la température par sa conductivité (espace entre le puits qui est en contact direct avec l'eau chaude et le capteur). La partie externe du puits (partie visible et à l'extérieur du tuyau) doit être isolé adéquatement tout en maintenant une accessibilité pour effectuer la maintenance. 		
Température dans le réservoir	✓		✓	<p>3 x ou plus selon le réservoir ou encore pour différentes hauteurs (vertical ou horizontal)</p> <ul style="list-style-type: none"> Les capteurs ne devront entrer en contact avec des matériaux conducteurs et ils doivent être fixes. Ces capteurs permettent de voir le niveau de stratification de température dans le réservoir. Pour avoir de la stratification, la conception du réservoir, et des entrées et des sorties d'eau est critique. Une mauvaise conception ne favorisera pas la réalisation de stratification. 		X
Débitmètre	✓	✓	✓	<p>1 x sur le retour de chacune des boucles d'eau chaude (exemples : chaudière-réservoir, réservoir serres)</p> <ul style="list-style-type: none"> Permet d'évaluer le transfert d'énergie. 		X
Manomètre		✓		<p>1 x pour chacune des boucles d'eau chaude ou encore 2 x en amont et en aval des pompes selon les recommandations du fabricant.</p> <ul style="list-style-type: none"> Permet d'évaluer le fonctionnement du réseau hydronique et des pompes. 	X	X
Caractéristiques de la biomasse			✓	<ul style="list-style-type: none"> Un test effectué par un laboratoire accrédité permet d'évaluer les caractéristiques et l'homogénéité de la biomasse livrée. Fréquence du test : 1 x ou plus selon les volumes livrés. Pour les grands volumes de biomasse, un plan d'échantillonnage pourrait être développé. Un test de laboratoire permet d'évaluer (liste non exhaustive) : le taux d'humidité, le taux de cendre, la granulométrie, la densité, le pouvoir 	X	

Items	Fonction ¹			Localisation des capteurs / Autres commentaires	Prise de données (manuelle et automatisée)	
	Opérer ²	Maintenir ³	Suivre ⁴		M	A
				calorifique supérieur (PCS) et inférieur (PCI). Le coût est abordable.		
Consommation de biomasse			✓	<ul style="list-style-type: none"> • Permet d'évaluer l'énergie brute consommée. • La consommation peut être mesurée en fonction : des inventaires, kg biomasse par tour de vis. • Évaluer le contenu énergétique par kg de biomasse consommée. Cette valeur va varier selon le type de biomasse et son humidité. Un test en laboratoire donnera le PCS_{ANHYDRE} et le PCI_{ANHYDRE} (PCI = Pouvoir calorifique inférieur ; PCS = Pouvoir calorifique supérieur). Généralement, le PCI est utilisé. • Le PCS exprime la quantité d'énergie dégagée par la combustion du bois, en récupérant la chaleur latente de la vapeur d'eau produite par la combustion.⁶ • Le PCS_{ANHYDRE} sera toujours plus élevé que le PCI_{ANHYDRE}. 	X	X
Température des gaz de combustion dans la cheminée	✓	✓	✓	<ul style="list-style-type: none"> • 1 x localisé dans la cheminée selon les recommandations du fabricant. • Permet d'évaluer en outre l'encrassement des échangeurs de chaleur de la chaudière. Une température des gaz de combustion qui augmente dans le temps indique fort probablement l'encrassement des échangeurs (suie). En effectuant un suivi (exemple : une fois par semaine lorsque la chaudière est en opération), l'entreprise est en mesure d'intervenir au bon moment pour effectuer le nettoyage des échangeurs de la chaudière. 	X	X
Journal de bord (log book)	✓	✓	✓	<ul style="list-style-type: none"> • Permet de noter les événements pouvant influencer la performance du système de chauffe. • Les notes inscrites permettent d'analyser les résultats ou les problématiques qui pourraient survenir lors de l'opération du système de chauffe. De cette façon, l'entreprise peut mieux intervenir si elle doit apporter des modifications sur le système de chauffe, son contrôle et sa gestion du système de chauffe. De plus, ces informations peuvent être fort utiles pour interpréter entre autres la performance du système de chauffe, mais aussi pour discuter avec le fabricant des problématiques survenues. 	X	

Notes

- Prise de données : M = Manuelle ; A = Automatisée (ordinateur, automate)
- Pour opérer et gérer adéquatement la combustion de la biomasse dans la chaudière, le fabricant va généralement proposer d'autres types de capteurs. Demander au fabricant les conséquences ou l'impact de prendre un capteur par rapport à un autre sur la performance et la durée de vie de la chaudière.

⁶ Lorsque cette vapeur se condense, elle libère de la chaleur. Il existe des systèmes à biomasse qui récupèrent cette chaleur, mais ils sont peu nombreux. D'autres recherches devront être entreprises pour valider la pertinence d'utiliser ces technologies dans les conditions d'opération des serres.