

## Soutien à la filière Bois-énergie

### Cahier des charges des études de faisabilité préalables

### Chaufferie bois automatique de plus de 70 kW

## **Objectifs de l'étude**

- Présenter l'historique du projet et les acteurs en présence ;
- Vérifier la faisabilité technique et économique du projet d'implantation d'une chaufferie automatique à bois ;
- Proposer des solutions techniques adaptées au contexte et aux possibilités qu'offre le site ;
- Comparer des solutions bois à d'autres possibilités en termes d'investissement et d'exploitation ;
- Rechercher des solutions visant à assurer la pérennité de l'approvisionnement et à favoriser une logique de développement local, et de gestion des déchets et sous-produits de la filière bois ;
- Proposer des solutions pour le financement de l'opération et le montage juridique.

L'étude sera de niveau Avant-Projet Simplifié -APS- pour la partie technique (hors bâtiments) avec approche des résultats à plus ou moins 10 %. Une pré-consultation d'entreprises est nécessaire (pour la partie chaudière bois et approvisionnement) afin d'atteindre ce résultat. Une attention particulière devra être accordée à la conception du silo.

L'étude doit permettre au maître d'ouvrage d'effectuer des choix en toute connaissance de cause parmi les solutions proposées par l'étude.

Les conclusions de cette étude, si elles sont favorables, ainsi que les choix réalisés par le maître d'ouvrage constitueront ensuite les bases du programme d'appel d'offre pour la maîtrise d'œuvre et la réalisation du projet.

## SOMMAIRE

Renseignements pour le bureau d'études

- 1. Historique du projet**
- 2. Attentes du maître d'ouvrage**
- 3. Bâtiments concernés par l'étude**

Cahier des charges

**I – Historique et contexte du projet**

**II – Etude des ressources**

**III – Etude des besoins énergétiques**

**IV – Etude de dimensionnement**

**V – Etude de l'approvisionnement bois**

**VI – Etude technique de la chaufferie**

**VII – Etude économique et financière**

**VIII – Délai de réalisation de l'étude de faisabilité**

**IX – Rappel des éléments à fournir par le prestataire**

**X – Visites d'installations**

**A compléter par le maître d'ouvrage pour permettre au bureau d'étude d'établir le devis de l'étude de faisabilité**

## RENSEIGNEMENTS POUR LE BUREAU D'ETUDE

### 1. Historique du projet

Présenter les circonstances ayant amené le projet.

### 2. Attentes du maître d'ouvrage

Préciser éventuellement les attentes plus spécifiques du maître d'ouvrage et les premiers éléments de réflexion par rapport :

- au projet (remplacement d'installations vieillissantes, extension réseau de chaleur, opportunité de raccordement de bâtiments, ...)
- à l'approvisionnement (souhait de création d'une filière interne, d'un approvisionnement local, ressources bois de la collectivité, acteurs ou partenaires, ...)

### 3. Bâtiments concernés par l'étude

Remplir le tableau suivant pour chaque bâtiment concerné, **a priori**, par le projet.

Bâtiments	Usages	Surfaces (m <sup>2</sup> )	Installations de chauffage et de production d'eau chaude existantes (énergie, type d'émetteur, âge de l'installation)	Puissances installées (kW)	Niveau d'isolation (1,2,3)*
Ecole	Enseignement	400	Chaudière fioul, 15 ans, radiateurs Ballon électrique, 2 ans	150 kW chaudière 2 kW ballon	2

\* appréciation qualitative 1 : pas isolé ; 2 : moyennement isolé ; 3 : bien isolé.

# **CAHIER DES CHARGES**

## **pour l'étude de faisabilité technico-économique d'une chaufferie automatique au bois**

### **Objectifs de l'étude**

- ⇒ Présenter l'historique du projet et les acteurs en présence.
- ⇒ Vérifier la faisabilité technique et économique du projet d'implantation d'une chaufferie automatique à bois.
- ⇒ Proposer des solutions techniques adaptées au contexte et aux possibilités qu'offre le site.
- ⇒ Comparer des solutions bois à d'autres possibilités en termes d'investissement et d'exploitation.
- ⇒ Rechercher des solutions visant à assurer la pérennité de l'approvisionnement et à favoriser une logique de développement local, et de gestion des déchets et sous-produits de la filière bois.
- ⇒ Proposer des solutions pour le financement de l'opération et le montage juridique.

L'étude sera de niveau Avant-Projet Simplifié -APS- pour la partie technique (hors bâtiments) avec approche des résultats à plus ou moins 10%. Une pré-consultation d'entreprises est nécessaire (pour la partie chaudière bois et approvisionnement) afin d'atteindre ce résultat. Une attention particulière devra être accordée à la conception du silo.

L'étude doit permettre au maître d'ouvrage d'effectuer des choix en toute connaissance de cause parmi les solutions proposées par l'étude.

Les conclusions de cette étude, si elles sont favorables, ainsi que les choix réalisés par le maître d'ouvrage constitueront ensuite les bases du programme d'appel d'offre pour la maîtrise d'œuvre et la réalisation du projet.

## **I – Historique et contexte du projet**

⇒ Présenter :

- un historique du projet : éléments, circonstances et acteurs ayant amené le projet.
- les acteurs présents et potentiels (maître d'ouvrage, usagers, entreprises, élus, ...).
- les objectifs et intérêts des acteurs répertoriés.

## **II – Etude des ressources**

### **1 – Ressources humaines**

⇒ Inventaire des personnels du maître d'ouvrage ou de personnels extérieurs, qui pourraient jouer un rôle dans l'exploitation de la chaufferie. Ces personnes pourraient s'occuper de l'approvisionnement (agent de la collectivité par ex.), de la réception des livraisons (concierge par ex.), de la surveillance de la chaufferie (agent d'entretien par ex.), de la conduite des installations, du dépannage, de la vente d'énergie ou du suivi de la clientèle.

### **2 – Ressources matérielles**

⇒ Inventaire des matériels (remorque, tracteur, ...), des bâtiments (hangar pour le stockage, local d'accueil de la chaufferie ...), des terrains du maître d'ouvrage ou d'autres structures locales qui pourraient servir à la réalisation ou à l'exploitation de la chaufferie.

## **III – Etude des besoins énergétiques**

L'inventaire des bâtiments raccordables à un réseau de chaleur au bois passe par la prise en compte des souhaits du maître d'ouvrage et par une enquête d'opportunité technico-économique dans le voisinage de la future chaufferie.

⇒ Déterminer les caractéristiques générales des bâtiments, existants et futurs :

- description des bâtiments et locaux concernés par le projet (surfaces, volumes, orientation, isolation, travaux à réaliser, déperditions thermiques, ...)
- caractéristiques et état d'usage des installations de chauffage et de production d'eau chaude en place pour chaque bâtiment (puissance, consommations en kWh/an, rendement, âge des chaudières, énergies utilisées, réseaux de chaleur, ...)
- description par bâtiment des réseaux de distribution de chauffage (type d'émetteur, température intérieure recommandée, programmation, régulation, ...)
- inventaire des données techniques de base concernant chaque bâtiment (intermittence, heures de fonctionnement, DJU)
- détermination des besoins énergétiques prévisionnels ou constatés, monotone de consommation
- prise en compte d'améliorations réalisables ou programmées en matière de maîtrise de l'énergie
- envisager si tout ou partie de la production d'eau chaude peut être assurée par le réseau (pour une partie des locaux ou une partie de l'année).

↩ **Réaliser une synthèse sous forme de tableau récapitulatif des puissances installées, des besoins et des consommations d'énergie, selon le modèle ci-dessous :**

Bâtiments	P (kW)	Besoins (kWh/an)	Consommations (litres de FOD, m <sup>3</sup> de gaz, stères de bois ...)
Ecole	100	150 000	15 000 litres de FOD

- ⇒ En fonction des caractéristiques des bâtiments définies ci-dessus, déterminer :
- les bâtiments présentant un niveau de performance faible
  - globalement les travaux d'isolation ou de rénovation les plus importants à mettre en œuvre
  - les avantages à réaliser de tels travaux pour le maître d'ouvrage et pour le projet (puissance chaufferie inférieure, incidences réglementaires - < 70 kW, > 2MW -, volume silo, consommations moindres, ...)
  - les conséquences des rénovations futures qui seront nécessairement entreprises à plus ou moins long terme (surpuissance en chaufferie, puissance rendue disponible, extensions de réseau envisageables, ...)

## **IV – Etude de dimensionnement**

### **1 – Calcul de la puissance nécessaire en chaufferie**

- ⇒ Déterminer la puissance totale nécessaire en chaufferie en détaillant la somme des puissances nécessaires par bâtiment, corrigée vers le bas par les indices de foisonnement de la demande et vers le haut par les pertes dues à l'installation et autres facteurs comme les appels de puissance. Les éléments de régulation du réseau avec démarrages anticipés programmés ou de ballon tampon sont à utiliser pour minimiser la puissance maximum nécessaire.

### **2 – Calcul de la puissance à installer en bois et de l'appoint-secours**

- ⇒ Déterminer la puissance optimale à installer en bois, notamment au regard des investissements nécessaires. Il convient d'essayer de couvrir la majeure partie des consommations par le bois et de laisser aux autres énergies les tâches de bas régime et d'écrêtage des consommations hivernales.

Calculer les consommations bois (en kWh entrée chaudière) et appoint, et présenter la monotone des consommations annuelles.

La chaufferie bois gagne à disposer d'un appoint par une énergie à usage instantané. En fonction des exigences du maître d'ouvrage, un secours à 100% peut être assuré par les mêmes chaudières alors dimensionnées à la puissance totale de la chaufferie. L'appoint et le secours pourront être constitués en totalité, ou en partie, par des chaudières existantes.

### **3 – Implantation de l’installation**

- ⇒ Argumenter le choix du site de la chaufferie et du stockage de combustible en fonction de la disponibilité des locaux et terrains, des conditions d'accès, du voisinage et de la proximité des plus gros consommateurs.

### **4 – Réseau de chaleur**

- ⇒ Argumenter le choix du tracé du réseau de chaleur en fonction de la position envisagée de la chaufferie et des bâtiments à desservir, de l'investissement, de la densité du réseau (rapport longueur / chaleur desservie).
  - ⇒ Justifier le choix technico-économique du raccordement des bâtiments les plus éloignés ou les moins consommateurs.
  - ⇒ Décrire les caractéristiques des sous-stations (surface nécessaire, emplacements, composants) et du réseau de chaleur (diamètres, nature des tubes, profondeur, longueur ...).
- ↪ **Présentation du plan de masse d’implantation optimale de la chaufferie, du silo, du stockage et des réseaux de chaleur.**

## **V – Etude de l’approvisionnement bois**

L'étude devra prendre en compte le souhait ou non du maître d'ouvrage de créer une filière d'approvisionnement interne, les points suivants seront plus ou moins approfondis pour répondre au mieux à l'attente du maître d'ouvrage. Les données devront être issues de contacts avec minimum trois prestataires locaux nommément cités. Les propriétaires forestiers ou leurs gestionnaires, les entreprises de travaux forestiers, les scieries ou les charpentiers locaux, ... devront être interrogés afin de déterminer leurs interventions possibles dans la filière.

### **1 – Détermination et caractérisation des gisements**

- ↪ **Réaliser une synthèse comparative des ressources bois disponibles, sous forme d'un tableau selon le modèle ci-dessous :**

	<b>Ressource 1</b>	<b>Ressource 2</b>	<b>...</b>
Provenance			
Nature (plaquette forestière, bois d'industrie ...)			
Taux d'humidité sur brut (%)			
Granulométrie (cm)			
Masse volumique (kg/MAP)			
Volume annuel disponible (MAP) pour une utilisation en chaufferie			
Equivalent en masse (t)			
Equivalent en PCI (kWh/t et kWh/MAP)			

## 2 – Schémas d'organisation de l'approvisionnement et mobilisation du combustible

⇒ Mettre en évidence des schémas pertinents d'organisation d'une filière d'approvisionnement en tenant compte :

- des besoins de la chaufferie
- de la proximité
- du coût
- de la qualité du combustible fourni
- des services que son utilisation rend à la collectivité (valorisation, entretien, emploi, environnement...)
- de la pérennité (gisement disponible et durable)
- de la sécurité d'un approvisionnement correct (partenariat, contrats, assurance, stockage...)
- de la possibilité de contractualisation

Dans le cas où un hangar de stockage est préconisé, des emplacements devront être proposés et les choix argumentés.

⇒ Caractériser les coûts de mobilisation du combustible pour les différents schémas d'approvisionnement : étude des moyens humains et matériels à mettre en oeuvre pour approvisionner la chaufferie en sous-produits bois pour chaque gisement local : conditionnement, transport, stockage, manutention

⇒ Préciser quels fournisseurs ou prestataires ont été contactés

## 3 – Solutions préconisées

⇒ **Remplir le tableau de comparaison des différents types d'approvisionnements envisagés :**

	Approvisionnement 1	Approvisionnement 2	...
Coût du combustible bois entrée chaufferie en € TTC /MAP  en ct € TTC /kWh			
Moyens humains			
Moyens matériel			
Avantages			
Inconvénients ou risques			

- ⇒ Proposer le choix de l’approvisionnement le plus intéressant pour le maître d’ouvrage en fonction :
- de sa disponibilité au cours des saisons et de son degré de pérennité,
  - de son coût de mise à disposition,
  - de ses garanties de qualité,
  - des services que son utilisation rend à la collectivité (valorisation, emploi, environnement, ...).
- ⇒ Récapituler les caractéristiques du combustible choisi (valeurs moyennes et limites) :
- humidité
  - essence
  - PCI
  - granulométrie
  - masse volumique
  - pureté du bois
- Ces éléments devront pouvoir servir de cahier des charges pour la consultation de fournisseurs du combustible.

## **VI – Etude technique de la chaufferie**

### **1 – Chaudière et équipements**

- ⇒ Déterminer la technologie de chaudière bois en fonction :
- du type de combustible
  - de la puissance à installer
  - du lieu d’implantation
  - du fluide caloporteur
- ⇒ Présenter et décrire le choix définitif de la technologie envisagée :
- type de foyer-échangeur
  - systèmes de chauffage
  - système de régulation
  - système de décendrage (privilégier la voie sèche pour une valorisation plus facile en agriculture)
  - des automatismes
  - du traitement des fumées
- ⇒ Proposer et décrire en fonction du site, du combustible, des puissances en présence et de la réglementation en vigueur :
- extracteur de silo (désilage)
  - système de convoyage du bois
  - automatismes, régulation
  - équipements d’appoint et/ou de secours (type d’énergie, matériel à implanter)
  - comptage énergie calorifique produite
  - systèmes de sécurité
  - autres
- ⇒ ***Proposition du schéma de principe de l’installation de production de chaleur accompagné d’une analyse fonctionnelle de la chaufferie.***

## **2 – Génie civil et VRD**

### **2.1 – Chaufferie**

⇒ Réaliser un document descriptif complet de la chaufferie (dimensionnement, organisation, flux bois, eau et cendres, caractéristiques hydrauliques, aspects phoniques, ...) pour chaque solution retenue et déterminée en fonction des choix technologiques. Une attention particulière sera portée à l'esthétique du local ou du bâtiment. Envisager éventuellement l'accueil de visiteurs.

### **2.2 – Silo d'alimentation – Stockage du combustible**

Le silo doit être attenant à la chaufferie et peut être entièrement enterré, semi enterré ou de plain-pied, intégré dans le bâtiment de la chaufferie ou accolé à celle-ci.

⇒ Optimiser le volume et la surface nécessaires du silo d'alimentation en fonction :

- des caractéristiques des moyens d'approvisionnement,
- de l'autonomie du silo à pleine charge de puissance,
- de la fréquence du rechargement du silo,
- de la répartition prévisionnelle sur l'année des consommations de bois
- du système de fermeture et d'étanchéité
- du coût de la construction

L'expérience montre que les problèmes de fonctionnement de chaufferies bois proviennent très souvent d'une mauvaise planification du silo. La conception du silo devra donc être particulièrement réfléchi. Sa description devra préciser l'accès au site, le déchargement et les possibilités de manœuvre pour les engins de livraison du combustible.

Elle détaillera :

⇒ l'implantation précise du silo.  
⇒ le planning-type de remplissage du silo sur une année.  
⇒ le schéma de principe de la livraison du combustible.  
⇒ les systèmes préconisés de fermeture et d'étanchéité du silo.

↪ **Présenter (pour chaque solution technique retenue) des vues détaillées de l'installation de combustion dans la chaufferie, avec le silo et les systèmes de désilage et convoyage préconisés.**

### **2.3 – Hangar et stockage éventuel du combustible**

Le stockage du combustible devra prendre en compte l'offre de combustible et les schémas d'organisation prévus et possibles. Le stockage sera réfléchi avec le maître d'ouvrage pour pouvoir être éventuellement modulable et prendre en compte les futurs projets de chaufferies bois.

L'étude devra décrire :

- ⇒ l'optimisation spatiale du site : prise en compte de l'environnement local et des contraintes de surfaces, de volumes et de bruit, proximité de la chaufferie
- ⇒ l'étude des accès et des espaces pour les manœuvres.
- ⇒ la capacité de stockage optimisée (surface disponible, surface nécessaire, possibilité de stockage sur toute l'année, dimensionnement du hangar, hauteur nécessaire au basculement des engins de livraison...). Précision de la surface « propre » afin d'éviter le risque de collecter des impuretés lors des manipulations du combustible.
- ⇒ les équipements et matériels périphériques nécessaires :
  - matériel de manutention pour l'approvisionnement et la reprise du combustible (remorque, tractopelle ...)
  - broyeur (sous réserve d'un usage partagé avec d'autres utilisateurs)

### **3 – Réglementation et qualité de l'air**

Les solutions proposées doivent tenir compte des aspects réglementaires concernant l'implantation de l'installation relatifs à :

- la chaufferie
- le stockage du combustible
- le réseau de distribution
- les opérations de broyage

Les normes concernant le bruit, les rejets, la sécurité, les normes incendie seront précisées, en fonction de la taille du projet.

### **4 – Fournisseurs et références**

- ⇒ **Etablir une liste de fournisseurs possibles de chaudières bois après les avoir contactés pour vérifier qu'ils proposent des choix technologiques et de matériels adaptés.**
- ⇒ **Fournir une liste d'installations semblables existantes et/ou en cours de réalisation.**

## VII – Etude économique et financière

### 1 – Chiffrage des investissements

⇒ Déterminer et récapituler les investissements selon le tableau suivant :

Investissement	Solution 1 en € HT	Solution 2 en € HT
Chaudière bois et équipements (vis d'alimentation, décendrage, ...)		
Chaudière(s) d'appoint *		
Hydraulique chaufferie (pompes, robinetteries ...), comptage de chaleur sur le circuit primaire et raccordements éventuels aux installations existantes		
Mise à disposition de l'eau, électricité, régulation et contrôle		
Génie civil chaufferie (cheminée, bâtiment chaufferie)		
Génie civil et équipements du silo (trappe ...)		
Génie civil hangar de stockage		
Réseau de chaleur (génie civil, sous-stations, sous-comptage de chaleur ...)		
Distribution intérieure (radiateurs, circuit hydraulique ...) et éventuellement eau chaude sanitaire (ballon, robinetterie, mitigeur thermostatique ...) *		
Installation, essais, réglages et mise en route des équipements		
Divers		
Travaux d'isolation ou de rénovation importants à mettre en œuvre		
Maîtrise d'œuvre, contrôle, sécurité		
<b>Total en € HT hors subventions</b>		

\* : non éligible pour les subventions ADEME et Région

## **2 – Coût prévisionnel d'exploitation de la chaufferie**

- ⇒ Déterminer les consommations (poste P1) :
  - estimation du coût de la fourniture en eau et électricité de la chaufferie
  - la quantité de combustible consommé (bois et appoint) et ses coûts
- ⇒ Déterminer les coûts d'exploitation et de maintenance spécifiques à la chaufferie bois et du réseau :
  - estimation des frais de conduite et de petit entretien (poste P2)
  - estimation des frais de gros entretien et de réparations (poste P3)
- ⇒ Estimer les annuités de remboursement (poste P4).

## **3 – Schémas d'exploitation de la chaufferie**

- ⇒ Comparer les différents modes de gestion de la chaufferie et en mesurer les conséquences légales, juridiques et fiscales :
  - mode de gestion adapté à l'installation (régie directe, concession, affermage, contrat d'exploitation ...),
  - répartition des tâches et des rôles de chaque acteur,
  - impact sur le régime de TVA,
  - décrire les incidences administratives et fiscales en cas de raccordement de privés.

## **4 – Aspects économiques**

- ⇒ **Remplir le tableau fourni en annexe 1, comparant les solutions proposées avec un référentiel ou avec la solution actuelle (en intégrant les investissements nécessaires au bon fonctionnement de l'installation dans la période comparée) :**
  - le coût global des investissements à réaliser,
  - le coût des combustibles utilisés et leur PCI (bois et autres combustibles),
  - le régime de TVA pour l'achat du bois,
  - les consommations (en kWh, tonne et MAP) pour le bois et les autres combustibles,
  - les coûts d'exploitation et de maintenance de la chaufferie,
  - les coûts d'exploitation et de maintenance du réseau,
  - provision pour gros entretiens et réparations (P3),
  - le taux de récupération de TVA sur la vente de chaleur suivant le régime d'exploitation (statut),
  - le coût de la chaleur vendue sur le réseau (R1 et R2),
  - le montant des subventions possibles,
  - les annuités de remboursement (P4),
  - le temps de retour sur investissement des différents postes avec ou sans subventions,
  - un bilan sur 15, 20 ou 25 ans en coût global actualisé.

Cas spécifiques des entreprises : le soutien aux études et aux investissements s'inscrit dans le **régime cadre exempté de notification n°SA 40405** relatif aux aides pour la protection de l'environnement sur la période 2014-2020. La dépense subventionnable prendra en compte les dépenses éligibles auxquelles sera déduite une solution de référence conformément à ce régime.

## 5 – Plan de financement proposé

⇒ Démarchage auprès des différents financeurs pour les solutions retenues afin de déceler le mode de financement le plus satisfaisant. Les points suivants seront envisagés :

### • Montages financiers préconisés avec leurs coûts et leurs avantages :

- autofinancement
- tiers investissement avec/sans garantie de résultat
- emprunt
- location
- crédit bail
- autres

### • Aides possibles d'organismes publics, européens :

- subventions
- autres incitations
- prêts

## **VIII – Délai de réalisation de l'étude de faisabilité**

Le maître d'ouvrage précisera le délai de réalisation de l'étude souhaité.

Une copie de l'étude sera envoyée aux services de la Région et/ou de l'ADEME en charge du projet avant le rendu final au maître d'ouvrage.

## **IX – Rappel des éléments à fournir par le prestataire**

L'étude de faisabilité devra comprendre les éléments suivants :

- tableau des besoins énergétiques des bâtiments concernés (modèle chapitre III)
- tableau de synthèse des ressources bois disponibles (modèle chapitre V.1)
- tableau de comparaison des types d'approvisionnement (modèle chapitre V.3)
- tableau récapitulatif des investissements (modèle chapitre VII.1)
- tableau économique (modèle en annexe 1)
- grille de synthèse des résultats de l'étude (modèle en annexe 2)
- schéma de principe de l'installation de chauffage
- plan de masse de l'implantation de la chaufferie, du silo et du hangar éventuel et des réseaux de chaleur
- plan détaillé de l'installation de combustion dans la chaufferie, du silo et du système de désilage et convoyage
- schéma de livraison du silo
- liste des fournisseurs de matériel et de combustible contactés
- liste des installations semblables

## **X – Visites d'installations**

Le bureau d'études peut organiser des visites d'installations semblables existantes et/ou en cours de réalisation seront organisées pour le maître d'ouvrage (élus, techniciens, autres) en lien avec les services de la Région et/ou de l'ADEME en charge du projet.

### **Liste des annexes**

#### ***A compléter :***

**Annexe 1 : Tableau économique**

**Annexe 2 : Grille de synthèse des résultats de l'étude**

#### ***Pour information :***

**Annexe 3 : Calcul des TEPS substituées et des quantités de CO<sub>2</sub> et SO<sub>2</sub> évitées**

**Annexe 4 : Pouvoir calorifique des plaquettes**

**Annexe 5 : Liste des fournisseurs de plaquettes et granulés**

## Annexe 1 : Tableau économique

	Solution de référence	Solution bois 1	Solution bois 2
Coût global des investissements à réaliser	€	€	€
Consommation combustibles : KWh/an MAP/an t/an			
Coût des combustibles/an :	€ HT/an	€ HT/an	€ HT/an
- bois		PCI =... KWh/MAP	PCI =... KWh/MAP
- autre		PCI =... KWh/loum <sup>3</sup>	PCI =... KWh/loum <sup>3</sup>
Coût eau + électricité chaufferie			
<b>TOTAL P1</b>			
TVA Combustibles	%	%	%
Coût exploitation et maintenance - chaufferie - réseau	€ HT/an	€ HT/an	€ HT/an
<b>TOTAL P2</b>			
Coût pour entretien et réparation - chaufferie - réseau	€ HT/an	€ HT/an	€ HT/an
<b>TOTAL P3</b>			
Frais financiers <b>TOTAL P4</b>			
Vente de chaleur KWh / an € HT / an T.V.A.			
Subventions ADEME			
CRA			
Autres....			
<b>TOTAL SUBVENTIONS</b>			
<b>TEMPS DE RETOUR SUR INVESTISSEMENT</b>			
sans subvention			
avec subvention			
<b>COUT GLOBAL D'EXPLOITATION</b>			
15 ans			
20 ans			
25 ans			

## Annexe 2 : Grille de synthèse des résultats de l'étude

Date : / / .

Maître d'ouvrage :

Grille complétée par :

Bureau d'étude :

Unité		Solution de référence	Solution bois 1	Solution bois 2
Bâtiments concernés				
Type de combustible bois (forêt, industrie 1 <sup>ère</sup> ou 2 <sup>de</sup> transformation, granulés)				
Puissance bois	kW			
Consommation bois	kWh /an MAP /an			
Autre(s) combustible(s) (gaz, FOD ...)				
Puissance autre(s) énergie(s)	kW			
Consommation autre(s) énergie(s)	kWh /an			
Taux couverture annuel bois	%			
Longueur réseau de chaleur	m			
Volume utile silo	m <sup>3</sup>			
Volume utile hangar stockage annuel, si prévu	m <sup>3</sup>			
Cahier des charges pour élaborer un contrat d'approvisionnement fourni ?			<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non
Types d'approvisionnements étudiés			<input type="checkbox"/> 100 % par le maître d'ouvrage <input type="checkbox"/> bois du maître d'ouvrage et broyage par un prestataire <input type="checkbox"/> 100 % prestataire extérieur <input type="checkbox"/> autre	<input type="checkbox"/> 100 % par le maître d'ouvrage <input type="checkbox"/> bois du maître d'ouvrage et broyage par un prestataire <input type="checkbox"/> 100 % prestataire extérieur <input type="checkbox"/> autre

		Solution de référence	Solution bois 1	Solution bois 2
Coût énergie bois entrée chaudière	ct € TTC /kWh ct € TTC /MAP			
Coût autre(s) énergie(s) entrée chaudière	ct € TTC /kWh			
Coût P1	€ TTC /an			
Coût P2 + P3	€ TTC /an			
Investissement	€ HT			
Subventions ADEME	€			
Conseil Régional	€			
Conseil Général	€			
Autres	€			
Autofinancement	€ HT			
Temps de retour brut avec subventions *	ans			
Impact sur l'emploi				
Economies de TEP/an				
Emissions CO <sub>2</sub> évitées	tonnes/an			
Emissions SO <sub>2</sub> évitées	kg/an			
Atouts particuliers				
Contraintes particulières				

\* Temps de retour brut avec subvention = 
$$\frac{\text{surcoût de l'investissement pour la chaufferie bois déduit des subventions}}{\text{économie annuelle d'exploitation par rapport à la solution de référence}}$$

### Annexe 3 : Calcul des TEPS substituées et des quantités de CO<sub>2</sub> et SO<sub>2</sub> évitées

	PCI MJ/kg	PCI kWh/kg	Quantité en tonnes pour une TEP de	Masse CO <sub>2</sub> t/t de Combustible	Masse SO <sub>2</sub> kg/kg de Combustible	Masse CO <sub>2</sub> en t / TEP	Masse SO <sub>2</sub> en kg / TEP
<b>FOD</b>	42,900	11,917	0,979	3,142	0,006	3,076	5,874
<b>FO2</b> (fioul lourd n°2 ordinaire)	39,700	11,027	1,058	3,113	0,078	3,293	82,524
<b>FO2BTS</b> (fioul lourd n°2 basse teneur en soufre)	40,800	11,334	1,029	3,128	0,0394	3,220	40,543
<b>FO2TBTS</b> (fioul lourd n°2 très basse teneur en soufre)	41,350	11,486	1,016	3,191	0,0198	3,241	20,100
<b>CHARBON</b> pur sec à 20% de matières volatiles	36,500 <b>(PCS)</b>	10,139	1,151	3,300	0,02	3,798	23,020
<b>CHARBON</b> pur sec à 40% de matières volatiles	34,000 <b>(PCS moyen)</b>	9,445	1,235	3,043	0,02	3,758	24,700
<b>Gaz naturel</b> (Groningue)	38,160	10,600	1,101	2,128	1,204 x 10E-6	2,343	1,326 x 10E- 3
<b>Gaz naturel</b> (Lacq)	49,680	13,800	0,845	2,746	1,35 x 10E-5	2,320	0,0114

Source : ADEME Bois énergie, chaufferies à alimentation automatique, p143.

## Annexe 4 : Pouvoir calorifique des plaquettes

	Plaquettes vertes (teneur en eau de 50 %)			Plaquettes séchées sous hangar (teneur en eau de 30 %)		
	Bois dur	Bois tendre	Moyenne	Bois dur	Bois tendre	Moyenne
Masse volumique (kg/map)	400	280	340	290	200	245
P C I en kWh / tonne	2 200	2 200	2200	3 300	3 300	3300
P C I en kWh / map	900	600	750	950	650	800

Source : ADEME Bois énergie, chaufferies à alimentation automatique, p32.

## Annexe 5 : Liste des fournisseurs de plaquettes et granulés bois

Voir sur le site climaxion : [www.climaxion.fr](http://www.climaxion.fr)