



## Schéma guide pour établir un cahier des charges d'étude

# ETUDE DE FAISABILITE D'UNE CHAUFFERIE BOIS

Version 30 mars 2007

## DENOMINATION DE L'OPERATION

Précisez Objet - Lieu

**Maître d'ouvrage :** .....  
Personne à contacter : ..... ☎ : .....

**Correspondant ADEME :** .....  
Personne à contacter : ..... ☎ : .....

**Etude technique :** .....  
Personne à contacter : ..... ☎ : .....

**Etude approvisionnement :** .....  
Personne à contacter : ..... ☎ : .....

## Avertissement

Ce document donne une présentation détaillée du déroulement de l'étude de faisabilité d'une chaufferie bois. Ce modèle doit être adapté pour la consultation des bureaux d'études en lien avec la délégation régionale de l'ADEME

## Sommaire

<b>A.- OBJECTIFS DE L'ETUDE .....</b>	<b>3</b>
<b>B.- ETUDE DES BESOINS .....</b>	<b>3</b>
1- RENCONTRE AVEC LE REPRESENTANT DESIGNE PAR LE MAITRE D'OUVRAGE .....	3
2- VISITE DU SITE ET ETUDE THERMIQUE .....	3
<b>C.- CARACTERISATION DES RESSOURCES BOIS .....</b>	<b>4</b>
1- DETERMINATION DES GISEMENTS MOBILISABLES .....	4
2- PROSPECTION ET CARACTERISATION DE CES GISEMENTS .....	4
3- RECAPITULATION DES GISEMENTS MOBILISABLES DE RESSOURCES BOIS DISPONIBLES .....	4
4- CARACTERISATION DES COUTS DE MOBILISATION DU COMBUSTIBLE.....	4
5- CONCLUSION.....	5
<b>D.- CHOIX DES EQUIPEMENTS .....</b>	<b>5</b>
1- SOLUTIONS PROPOSEES .....	5
2- TECHNOLOGIE DE CHAUDIERE BOIS .....	5
3- MATERIELS ET EQUIPEMENTS SPECIFIQUES.....	6
4- STOCKAGE DU COMBUSTIBLE (EN COORDINATION AVEC L'OFFRE DE COMBUSTIBLE ET LES SCHEMAS D'ORGANISATION PREVUS ET POSSIBLES).....	6
5- FOURNISSEURS - REFERENCES.....	6
6- VOIRIES, RESEAUX, DESSERTE .....	6
7- REGLEMENTATION .....	6
8- IMPLANTATION DE L'INSTALLATION .....	7
9- REALISATION - MODE D'EXPLOITATION PROPOSE .....	7
<b>E.- ETUDE ECONOMIQUE ET FINANCIERE .....</b>	<b>7</b>
1- RECAPITULATION DES INVESTISSEMENTS .....	7
2- EXPLOITATION PREVISIONNELLE DE LA CHAUFFERIE .....	7
3- ASPECTS ECONOMIQUES.....	8
4- PLAN DE FINANCEMENT PROPOSE .....	
5- MONTAGE ADMINISTRATIF .....	
6- SYNTHESE.....	8
<b>F.- NOTE DE SYNTHESE.....</b>	<b>9</b>

ANNEXE 1 (p. 10) : Méthodes de calcul de références

## A.- OBJECTIFS DE L'ETUDE

- ⇒ Vérifier la faisabilité technique et économique du projet d'implantation de chaufferie automatique à bois.
- ⇒ Proposer des solutions techniques adaptées au contexte et aux possibilités qu'offre le site.
- ⇒ Comparer la solution bois aux autres possibilités en terme d'investissement et d'exploitation.
- ⇒ Rechercher des solutions visant à assurer la pérennité de l'approvisionnement et en cherchant à favoriser :
  - l'utilisation de la plaquette forestière
  - un approvisionnement local de qualité
- ⇒ Proposer des solutions pour le financement de l'opération et le montage administratif et juridique.

**Remarque importante :** cette étude doit être menée avec une approche URE, elle ne peut être menée sans une réflexion sur les économies d'énergie réalisables.

## B.- ETUDE DES BESOINS

### 1 - Rencontre avec le représentant désigné par le maître d'ouvrage

Il s'agit de déterminer les caractéristiques générales de l'installation :

- chauffage de locaux, production d'eau chaude sanitaire, autres (énergie de process, production de froid...),
- création, rénovation ou extension des bâtiments,
- changement ou couplage d'installation,
- variations des besoins (courbe monotone) à prévoir au cours de la journée, du mois, de l'année (DJU), intermittences,
- prévision d'aménagements futurs (réseaux de chaleur, hangar de stockage),
- fluide caloporteur désiré,
- appoint, secours en fonction de l'existant.

### 2 - Visite du site et étude thermique

⇒ Situation actuelle :

- caractéristiques et état d'usage de l'installation en place : chaudière, fluide caloporteur, rendement,
- caractéristiques thermiques et données techniques de base des bâtiments et locaux concernés par le projet : surface, volume, orientation, isolation, surface vitrée, renouvellement d'air, période de fonctionnement...
- description bâtiment par bâtiment des installations de chauffage existantes, réseau de distribution (puissance, nombre de radiateurs, température intérieure recommandée...) et du système de production d'ECS.
- détermination des consommations énergétiques constatées avec potentiel de réduction des consommations actuelles par travaux complémentaires.

⇒ Situation envisagée :

- Mise en évidence des mesures conseillées pour réduire les déperditions d'énergie (isolation, régulation, etc.) et utiliser plus rationnellement l'énergie délivrée, quel que soit son mode de production,
- Détermination des consommations énergétiques après mises en œuvre de travaux d'économie d'énergie,
- détermination des besoins énergétiques prévisionnels,
- détermination de la puissance bois à installer (optimisation de la puissance installée), du rendement de la chaufferie bois, des consommations prévisionnelles en bois et en autres combustibles (MWh ou kWh PCI),
- quantification des besoins volumique et massique d'approvisionnement en sous-produits bois en fonction de leurs caractéristiques (nature, essence, humidité, densité, foisonnement...) :
  - ✓ plaquettes forestières
  - ✓ copeaux
  - ✓ sciures
  - ✓ autres

- détermination du site d'implantation de la nouvelle chaufferie ou de la chaudière bois avec ses équipements (conditionnement et stockage combustible) suivant la disponibilité des locaux et terrains et surtout des besoins en voirie d'accès en fonction de la nature des moyens d'approvisionnement :
  - *Cas de bâtiments existants* : relevés à effectuer sur site et sur les plans (masse et coupe),
  - *Cas de bâtiments futurs* : relevés à effectuer sur plans et en collaboration avec le bureau d'étude concepteur.

## **C.- CARACTERISATION DES RESSOURCES BOIS**

### **1 - Détermination des gisements mobilisables**

Identification des détenteurs et des circuits existants ou possibles d'approvisionnement de produits provenant :

- ✓ de la forêt , du bocage ou de l'élagage,      ✓ de la première transformation du bois (ex : scierie, déroulage)
- ✓ de l'emballage (palettes, cagettes, etc.)      ✓ de la seconde transformation du bois (ex : menuiserie, fabrication de meubles)
- ✓ autres

### **2 - Prospection et caractérisation de ces gisements**

- moyens à mettre en oeuvre pour disposer de ces sous-produits,
- possibilités du conditionnement sur place,
- volumes disponibles,
- destination actuelle des sous-produits,
- évolution probable,
- conditions de cession ou vente de ces sous-produits, prix d'achat.

### **3 - Récapitulation des gisements mobilisables de ressources bois disponibles**

⇒ Réalisation d'un tableau de synthèse, présentant chaque gisement en fonction de :

- sa nature,
- ses caractéristiques physico-chimiques (essence, granulométrie, humidité, masse volumique),
- son lieu de production,
- contraintes techniques de mobilisation: éloignement du site de chauffe, gisement diffus/concentré, transport,
- son volume et sa masse totale disponible,
- son équivalent en quantité de chaleur (en tep),
- son évolution prévisible.

⇒ Mise en évidence de schémas d'organisation d'une filière d'approvisionnement en tenant compte :

- ✓ de la proximité                                      ✓ des possibilités de contractualisation
- ✓ du coût    ✓ de la pérennité (gisement disponible et durable)
- ✓ de la qualité

### **4 - Caractérisation des coûts de mobilisation du combustible**

⇒ Etude des moyens humains et matériels à mettre en oeuvre pour approvisionner la chaufferie en sous-produits bois pour chaque gisement local :

- ✓ conditionnement (broyeur)                      ✓ stockage
- ✓ transport    ✓ manutention

- ⇒ Approche, pour chaque gisement local, du coût moyen de mise à disposition du combustible, par unité de volume, et de livraison en entrée chaufferie (€/tonne livrée et par kWh entrée chaudière) :
- ✓ investissement en matériel
  - ✓ amortissement des matériels
  - ✓ frais d'entretien
  - ✓ frais de consommation d'énergie
  - ✓ frais de main d'oeuvre
  - ✓ frais financiers
- ⇒ Réalisation d'un tableau de synthèse présentant, pour chaque type d'approvisionnement, le coût du combustible " entrée chaufferie ", ainsi que l'intérêt et les risques d'un tel approvisionnement (comparatif avec autres combustibles).
- ⇒ Possibilités et garanties d'approvisionnement alternatives.

## **5 - Conclusion**

Des propositions concrètes devront être définies pour proposer des solutions fiables et pérennes quant à la fourniture du combustible :

- ⊕ les contrats de fourniture,
- ⊕ les sources d'approvisionnement multiples,
- ⊕ organisation locale de la filière d'approvisionnement
- ⊕ l'intégration dans une politique locale d'aménagement du territoire, d'entretien de l'espace naturel, de gestion des déchets...

## **D.- CHOIX DES EQUIPEMENTS**

### **1 - Solutions proposées**

Descriptif sommaire des équipements proposés et justifiés suivant les résultats des études Besoins et Ressources.

### **2 - Technologie de chaudière bois**

- ❖ Détermination en fonction :
  - ✓ du type de combustible
  - ✓ de la puissance à installer
  - ✓ du fluide caloporteur
  - ✓ du lieu d'implantation
  - ✓ du budget prévisionnel
  - ✓ des besoins en autonomie
- ❖ Choix définitif de la technologie envisagée :
  - ✓ choix du type de foyer-échangeur
  - ✓ des systèmes de chauffage
  - ✓ des systèmes de régulation
  - ✓ des automatismes
  - ✓ du traitement des fumées
- ❖ Description du combustible acceptable pour la technologie envisagée (valeurs moyennes et limites) :
  - ✓ humidité
  - ✓ essence
  - ✓ PCI
  - ✓ granulométrie
  - ✓ masse volumique

### **3 - Matériels et équipements spécifiques**

❖ Equipements périphériques nécessaires:

- ✓ transfert silo-foyer
- ✓ type de silo
- ✓ décrochage
- ✓ automatismes, régulation
- ✓ équipements d'appoint et/ou secours (type d'énergie, matériel à implanter)
- ✓ comptage de l'énergie calorifique produite
- ✓ systèmes de sécurité
- ✓ traitement des fumées
- ✓ autres

❖ Conséquences sur le bâtiment chaufferie en relation avec le stockage (volume et surface nécessaires, raccordement en cas de réseau...) :

⇒ Réalisation d'un document descriptif complet de l'installation (caractéristiques dimensionnelles, énergétiques, environnementales, hydrauliques...) pour chaque solution retenue et déterminée en fonction des choix technologiques.

### **4 - Stockage du combustible (en coordination avec l'offre de combustible et les schémas d'organisation prévus et possibles)**

- Optimisation spatiale du site : prise en compte de l'environnement local et des contraintes de surfaces et de volumes,
- Détermination du système le mieux adapté à la chaufferie (stockage sur site ou non ...),
- Détermination d'une capacité de stockage optimisée (surface disponible, surface nécessaire, possibilité de stockage sur toute l'année...),
- Les équipements :
  - ✓ hangars
  - ✓ manutention
  - ✓ systèmes d'alimentation et d'extraction
  - ✓ broyeurs, déchiqueteur

### **5 - Fournisseurs - Références**

- Liste des fournisseurs possibles proposant les choix technologiques et de matériels adaptés (devis correspondants),
- Références d'installations identiques existantes et en cours de réalisation.

### **6 - Voiries, réseaux, desserte**

- Optimisation des raccordements et du rendement de distribution, définition des sous-stations,
- Réseau de chaleur
  - optimisation du tracé du réseau existant suivant la position envisagée de la chaufferie et des bâtiments à desservir,
  - aménagement d'un réseau de distribution neuf.
- besoin en desserte pour les accès au stockage, chaufferie, sous-stations...

### **7 - Réglementation**

⇒ Tenir compte des aspects réglementaires concernant l'implantation de l'installation :

- ✓ relatifs à la chaufferie
- ✓ relatifs au réseau de distribution
- ✓ relatifs au stockage

Les modalités concernant le bruit, les rejets, la sécurité, les normes incendie seront abordées.

⇒ Inventaire des contraintes locales et des obligations en matière énergétique et environnementale.

## **8 - Implantation de l'installation**

- ⇒ Présentation (pour chaque solution technique retenue) du plan masse d'implantation de la chaufferie, du silo, du stockage et des réseaux de chaleur, sur le site comprenant tous les bâtiments concernés.
- ⇒ Présentation (pour chaque solution technique retenue) des vues détaillées de l'installation de combustion dans la chaufferie.
- ⇒ Présentation (pour chaque solution technique retenue) du plan de circuit de chauffe, pour chaque bâtiment concerné.

## **9 - Réalisation - Mode d'exploitation proposé**

⇒ Planification des travaux :

Présentation (pour chaque solution technique retenue) des travaux à prévoir et de leur coût.

- génie civil (silo, stockage, réseau de chaleur...),
- raccordement au réseau , sous-stations, chaudière(s) existante(s),
- pose et installations des équipements de la chaufferie,
- rénovation de bâtiments,
- modification de chaufferie existante.

⇒ Fonctionnement prévisionnel de l'installation :

- Réalisation (pour chaque solution technique retenue) d'un planning de conduite de chauffe prenant en compte les besoins journaliers en sous-produits bois et la cadence de remplissage du silo.  
Ce planning conditionne l'organisation des chantiers de conditionnement et le renouvellement du stock tampon de combustible.
- Réalisation (pour chaque solution technique retenue) d'un planning de maintenance de l'installation : postes P<sub>2</sub> et P<sub>3</sub>.

# **E.- ETUDE ECONOMIQUE ET FINANCIERE**

## **1 - Récapitulation des investissements**

⇒ Déterminer les investissements concernant :

- les frais d'études et d'ingénierie,
- les équipements thermiques à mettre en place (chaudière, alimentation du foyer, cheminée, décairage) ainsi que leur montage,
- la régulation et le contrôle (traitement antipollution),
- le génie civil,
- le raccordement aux installations existantes, aux réseaux,
- les équipements et les bâtiments relatifs au stockage silo,
- le réseau de chaleur: génie civil, sous-stations, comptage énergie et hydraulique.

## **2 - Exploitation prévisionnelle de la chaufferie**

⇒ Déterminer les consommations (poste P<sub>1</sub>) :

- estimation de la fourniture en eau et électricité de la chaufferie,
- les coûts du combustible bois, des combustibles d'appoint.

⇒ 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 P<sub>2</sub>),
- estimation des frais de gros entretien et de réparations (poste P<sub>3</sub>).

⇒ Description des schémas d'exploitation possibles:

- mode de gestion adapté à l'installation :
  - ✓ régie directe
  - ✓ régie indirecte : concession, affermage, contrat d'exploitation (marché de type MF, MT, MC... avec ou sans clause d'intéressement)
- répartition des tâches, des rôles de chaque acteur.

### **3 - Aspects économiques**

- ⇒ Déterminer les impacts prévisionnels des coûts d'investissement et d'exploitation sur le compte de résultat, sur la durée de vie économique du projet.
- ⇒ Calculer les valeurs suivantes :
  - ✓ la capacité d'autofinancement (CAF)
  - ✓ le temps de retour actualisé de l'investissement (TRA)
  - ✓ la valeur actuelle nette (VAN)
  - ✓ le taux interne de rentabilité (TIR)
- ⇒ Réalisation d'un document de synthèse sous forme de tableaux présentant les solutions proposées, avec pour référence une solution concurrente (fuel, gaz) : déterminer le projet le plus rentable économiquement.
- ⇒ Une analyse TTC sera effectuée, prenant en compte les différences éventuelles de TVA entre la solution bois et la solution de référence.

### **4 - Plan de financement proposé**

Concertation entre les différents financeurs pour les solutions retenues afin de déceler le mode de financement le plus satisfaisant. Les points suivants seront envisagés :

- ❶ Les montages financiers préconisés avec leur coût et leurs avantages (capacité d'investissement, TIR, risques...) :
  - ✓ autofinancement
  - ✓ crédit bail
  - ✓ emprunt (poste P<sub>4</sub> annuités de remboursement)
  - ✓ location
  - ✓ tiers investissement avec/sans garantie de résultat
  - ✓ sofergies
- ❷ Les mécanismes d'aides
  - ✓ subventions
  - ✓ autres incitations (Certificats d'économie d'énergie, Quotas CO<sub>2</sub>, etc.)
  - ✓ prêts

Les simulations financières sont réalisées hors subventions publiques ; plusieurs scénarii sont élaborés afin de déterminer le point d'équilibre de l'opération.

Les recettes de vente de chaleur sont intégrées dans le compte d'exploitation.

### **5 - Montage administratif**

Dans le cas de vente de chaleur, le montage administratif et fiscal de l'opération doit être précisé.

### **6 - Synthèse économique**

- ⇒ Réalisation d'un ou de plusieurs tableaux de synthèse présentant les solutions techniques proposées y compris leur rentabilité économique (VAN et TRA) et financière (TIR), avec pour référence une solution concurrente (fuel, gaz) :

- coût global des investissements à réaliser et quantification du surcoût à l'investissement des solutions bois,
- économie réalisée grâce à l'exploitation de la solutions bois et le temps de retour actualisé du surcoût d'investissement,
- coût global des frais de fonctionnement annuel, exploitation (P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>) et financement (P<sub>4</sub>)
- bilan annuel d'exploitation équilibré (dépenses/recettes) et les bilans sur 5, 10, 15 et 20 ans en coût global actualisé (évolutions des différents postes).



## **F. - NOTE DE SYNTHÈSE**

### **1. Objet**

L'opération consiste à ...

### **2. Cadre de l'opération :**

Historique, commentaire sur le montage du projet

### **3. Description technique du projet :**

#### ***3.1 – Besoins en énergie***

Liste des bâtiments desservis. Réflexion sur l'utilisation rationnelle de l'énergie et mesures proposées. Besoins totaux en chaleur (kWh bruts/an) ; énergie utile délivrée (kWh nets/an) ; quantités de bois consommés (t, MAP et tep). Quantité d'énergie fossile ou électrique utilisée en complément ou secours. Bilan énergie (consommation avant ou référence/consommation après ; en tep/an, ou kWh/an si électricité en référence).

#### ***3.2 – Chaudière bois***

Puissance bois nécessaire et justification. Appoint ou secours et justification. Capacité du silo de stockage et autonomie (jours).

#### ***3.3 – Réseau de chaleur (le cas échéant)***

Longueur totale et déperditions. Sous-stations.

#### ***3.4 – Filière d'approvisionnement***

- Caractéristiques du combustible (type, humidité, granulométrie, PCI, prix) : Prix exprimé à la tonne et au kWh entrée chaudière.

- Organisation préconisée et justification.

#### ***3.5 – Exploitation des installations de chauffage***

Mode de gestion et montage administratif envisagé.

### **4. Résultats attendus**

- Prix du kWh de la solution bois-énergie, tous postes confondus (investissement et fonctionnement) et comparaison avec la solution de référence.

- Détermination de l'aide nécessaire pour assurer la rentabilité du projet

- Rappel des critères de rentabilité économique avec et hors aide (VAN, TIR, temps de retour actualisé)

- Bénéfice environnemental attendu en tonnes de carbone fossile (CO<sub>2</sub>) substituées par an.

- Emplois liées à l'opération.

- Autres résultats attendus (impacts environnementaux, intégration architecturale, développement local, etc.)

### **5. Echéancier**

Date de début des travaux et date de mise en route.

### **6. Montant prévisionnel des investissements et coûts d'exploitation**

#### ***6.1 - Tableau des investissements de la solution bois et de la solution de référence***

#### ***6.2 – Coûts d'exploitation prévisionnels de la solution bois et de la solution de référence***

# METHODES DE CALCUL DE REFERENCE

## A/ Calcul des tonnes de CO2 évitées

(Combustion complète)

Combustible	kgCO2/tep (PCI)	gCO2/kWh
<b>Fioul domestique</b>	3 150	271
<b>Fioul Lourd</b>	3 276	282
<b>Gaz naturel</b>	2 394	206
<b>Propane</b>	2 688	231
<b>Charbon</b>	3 990	343
<b>Electricité</b>	2 092	180

tonnes de CO<sub>2</sub> évitées =  $(C_{référence} * R_{référence} - C_{appoint} * R_{appoint}) / 1000$

avec :

- $C_{référence}$  = consommation de référence en tep
- $R_{référence}$  = ratio lié au combustible de référence en kgCO<sub>2</sub> / tep
- $C_{appoint}$  = consommation d'appoint (solution bois) en tep
- $R_{appoint}$  = ratio lié au combustible d'appoint de la solution bois en kgCO<sub>2</sub> / tep

**Remarque :** Les émissions de CO<sub>2</sub> liées à la combustion du bois sont neutres vis-à-vis de l'effet de serre.

## B/ Réglementation

	$P_{bois} < 300 \text{ kW}$	$2 < P_{globale} < 20 \text{ MWth}$	$P_{globale} > 20 \text{ MWth}$
<b>Référence réglementaire</b>	Norme européenne EN 303.5 (obligatoire depuis le 20/08/2004)	Arrêté du 25 juillet 1997	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Arrêté du 30/07/2003 pour les installations existantes</li> <li>- Arrêté du 20 juin 2002 pour les installations nouvelles (autorisées à partir du 31/07/2002)</li> </ul>
<b>Rubrique ICPE</b>	#	2910 soumis à déclaration	2910 soumis à autorisation

**ICPE :** Installations Classées pour la Protection de l'Environnement

**$P_{bois}$  :** Puissance de l'appareil de chauffage au bois

**$P_{globale}$  :** Somme des puissances composant la chaufferie (bois + appoint)

**MWth :** MW thermique ( $\neq$  électrique)

## C/ Référence bibliographique ([www.ademe.fr](http://www.ademe.fr))

Edition ADEME /EDP 2007 :

« Mise en place d'une chaufferie au bois »

*Etude et installation d'une unité à alimentation automatique*