

ADEME



Agence de l'Environnement
et de la Maîtrise de l'Energie

Schéma guide pour établir un cahier des charges d'étude

ETUDE DE FAISABILITE D'UNE CHAUFFERIE BOIS

DENOMINATION DE L'OPERATION

Précisez Objet - Lieu

Maître d'ouvrage :
Personne à contacter : ☎ :

Correspondant ADEME :
Personne à contacter : ☎ :

Bureau d'études thermiques :
Personne à contacter : ☎ :

AVERTISSEMENTS

Ce document donne une présentation détaillée du déroulement de l'étude de faisabilité d'une chaufferie bois. C'est un modèle à adapter selon les cas. Il reprend en particulier les informations nécessaires pour le suivi d'une évaluation de l'opération (*Annexe 1*).

SOMMAIRE

A.- OBJECTIFS DE L'ETUDE	3
B.- ETUDE DES BESOINS	3
1- RENCONTRE AVEC LE REPRESENTANT DESIGNE PAR LE MAITRE D'OUVRAGE	3
2- VISITE DU SITE ET ETUDE THERMIQUE	3
C.- ETUDE DES RESSOURCES BOIS	4
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
D.- CHOIX DES EQUIPEMENTS	5
1- SOLUTIONS PROPOSEES	5
2- TECHNOLOGIE DE CHAUDIERE BOIS	5
3- MATERIELS ET EQUIPEMENTS SPECIFIQUES	5
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	6
9- REALISATION - MODE D'EXPLOITATION PROPOSE	6
E.- ETUDE ECONOMIQUE ET FINANCIERE	7
1- RECAPITULATION DES INVESTISSEMENTS.....	7
2- EXPLOITATION PREVISIONNELLE DE LA CHAUFFERIE	7
3- ASPECTS ECONOMIQUES	7
4- PLAN DE FINANCEMENT PROPOSE	8
5- SYNTHESE	8
ANNEXE 1 : Fiche récapitulative	9
ANNEXE 2 : Méthodes de calcul de références	10

BIBLIOGRAPHIE:

✧ *Cahier des charges, étude de faisabilité chaufferies collectives au bois*, OPTI-THERMIE Environnement, Christophe HUON

✧ *Cahier des charges type d'une étude de faisabilité technico-économique d'une chaufferie bois avec ou sans réseau de chaleur, ADEME Franche Comté.*

✧ *Appel d'offre pour chauffage plaquettes, installations au bois de chauffage, guide PACER*

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 une logique de :
 - développement local (cf. objectifs du PBEDL),
 - gestion des déchets bois,...
- ⇒ Proposer des solutions pour le financement de l'opération et le montage juridique.

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.

⇒ Situation envisagée:

- 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 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.- ETUDE 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 ou d'élagage
- ✓ de la première transformation du bois,
- ✓ du conditionnement de DIB autres,
- ✓ de la seconde transformation du bois,
- ✓ 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 (Fr H.T./ MAP ou tonne livrée) :

- ✓ investissement en matériel
- ✓ frais de consommation d'énergie
- ✓ amortissement des matériels
- ✓ frais de main d'oeuvre
- ✓ frais d'entretien
- ✓ 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 (type «*Garantie Bois Energie*»).

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,
- ⊕ offre de service aux entreprises pour la gestion des déchets,
- ⊕ l'intégration de la filière d'approvisionnement envisagée dans une filière organisée et plus vaste (département, région),
- ⊕ les possibilités d'inscrire ce projet dans une logique de développement local (emplois créés ou soutenus),
- ⊕ l'intégration dans une politique locale 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
 - ✓ décendrage
 - ✓ 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, 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 P₂ et P₃.

E.- ETUDE ECONOMIQUE ET FINANCIERE

1- Récapitulation des investissements

⇒ Détermination les investissements concernant :

- les frais d'études et d'ingénierie,
- les équipements thermiques à mettre en place (chaudière, alimentation du foyer, cheminée, décrochage) 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 P₁) :

- 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 P₂),
- estimation des frais de gros entretien et de réparations (poste P₃).

⇒ 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)
- ✓ la valeur actuelle nette (VAN)
- ✓ le temps de retour de l'investissement (TRB)
- ✓ 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.

4- 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 :

❶ Les montages financiers préconisés avec leur coût et leurs avantages (capacité d'investissement, TIR, risques...)
:

- ✓ autofinancement
- ✓ crédit bail
- ✓ emprunt (poste P₄ annuités de remboursement)
- ✓ location
- ✓ tiers investissement avec/sans garantie de résultat
- ✓ sofergies

❷ Les aides possibles d'organismes publics, européens :

- ✓ subventions
- ✓ autres incitations
- ✓ prêts

5- Synthèse

⇒ Réalisation d'un document de synthèse sous forme de tableaux présentant les solutions techniques proposées y compris leur rentabilité économique (VAN et TRB) 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 brut du surcoût d'investissement,
- coût global des frais de fonctionnement annuel, exploitation (P₁, P₂, P₃) et financement (P₄) et du coût du kWh bois énergie et du kWh installé,
- 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).

FICHE DE DESCRIPTION DE L'INSTALLATION

A/ PLAN DE FINANCEMENT

Répartition	Montant (précisez Frs HT ou TTC)
Autofinancement	, Frs
ADEME	, Frs
Conseil Régional	, Frs
Conseil Général	, Frs
Europe (Précisez :)	, Frs
Autres (Précisez :)	, Frs
Autres (Précisez :)	, Frs

COUT TOTAL DU PROJET	, Frs
-----------------------------	-------

B/ CARACTERISTIQUES

Code	Libellé	Unité	Valeur
01	Puissance Bois installée	MW	
02	Tep totaux consommés (bois + autres énergies)	tep	
03	Emissions CO2 évitées (1)	tonnes	
04	Emissions SO2 évitées (1)	tonnes	
05	Quantité Bois FORET consommée	tep	
06	Quantité Bois CONNEXES consommée	tep	
07	Quantité Bois DIB consommée	tep	
08	Quantité Bois AUTRE consommée	tep	
09	Installation neuve ou existante (2)	<i>sans dimension</i>	
10	Nature du combustible principal substitué (3)	<i>sans dimension</i>	
11	Prix du combustible	Fr TTC/kWh PCI	
12	Taux de couverture annuel Bois(4) (4)	%	
13	Existence d'un contrat d'approvisionnement	<i>sans dimension</i>	
14	Durée initiale du contrat	années	
15	Temps de retour brut avec subvention (1)	années	
16	Temps de retour brut sans subvention (1)	années	
17	Emplois permanents créés : mise en place et exploitation de la chaufferie (5)	nombre	
18	Emplois permanents créés: approvisionnement (5)	nombre	

NB:

(1) : conformément à la méthode de calcul de référence ci-jointe.

(2) : NEUF si nouveaux besoins énergétiques ou EXISTANT si substitution de besoins énergétiques.

(3) : FOD, FL2, FL2TBS, FL2TBTS, CHARBON20, CHARBON40, GAZNAT, ELEC.

(4) : rapport Energie utile bois produite (kWh) / Energie utile totale sur chaufferie toutes énergies confondues (kWh).

(5) : emploi équivalent à temps plein.

METHODES DE CALCUL DE REFERENCE

A/ CALCUL DES TEPs SUBSTITUEES ET DES QUANTITES DE CO2 ET SO2 EVITEES

(Combustion complète)

	PCI MJ/kg	PCI kWh/kg	Quantité en tonnes pour une TEP de	Masse CO2 t/t de Combustible	Masse SO2 kg/kg de Combustible	Masse CO2 en t / TEP	Masse SO2 en kg / TEP
FOD	42,900	11,917	0,979	3,142	0,006	3,076	5,874
FO2 (fioul lourd n°2 ordinaire)	39,700	11,027	1,058	3,113	0,078	3,293	82,524
FO2BTS (fioul lourd n°2 basse teneur en soufre)	40,800	11,334	1,029	3,128	0,0394	3,220	40,543
FO2TBTS (fioul lourd n°2 très basse teneur en soufre)	41,350	11,486	1,016	3,191	0,0198	3,241	20,100
CHARBON pur sec à 20% de matières volatiles	36,500 (PCS)	10,139	1,151	3,300	0,02	3,798	23,020
CHARBON pur sec à 40% de matières volatiles	34,000 (PCS moyen)	9,445	1,235	3,043	0,02	3,758	24,700
Gaz naturel (Groningue)	38,160	10,600	1,101	2,128	1,204 x 10E-6	2,343	1,326 x 10E-3
Gaz naturel (Lacq)	49,680	13,800	0,845	2,746	1,35 x 10E-5	2,320	0,0114

B/ CALCUL DU TEMPS DE RETOUR

Le temps de retour brut est le rapport du nouvel investissement sur le revenu escompté (économie annuelle d'exploitation).

Temps de retour brut Sans subvention :

$$T_{\text{brut SANS subvention}} = \frac{\text{Investissement}}{\text{Cout. d'exploitation}_{\text{solution.ré fê rence}} - \text{Cout. d'exploitation}_{\text{solution.AVEC.bois}}}$$

Temps de retour brut Avec subvention :

$$T_{\text{brut AVEC subvention}} = (1 - \text{taux d'aide}/100) \times T_{\text{brut SANS subvention}}$$