

Le Bois-Energie dans le Morvan :

Une énergie d'avenir !



Journée Mettez du bois dans vos projets
Samedi 16 mai 2009



Le combustible bois



- Les différents types de combustibles
 - La combustion du bois
- Production et consommation en Bourgogne
 - Le bois déchiqueté ou plaquette
 - Comparatif de coûts



Les combustibles bois, quels sont-ils ?

Issus de la forêt

Co-produits de l'industrie

Produits manufacturés

- Bois Bûche
- Bois déchiqueté :
 - Plaquette forestière
 - Plaquette de scierie
- Produits connexes de scierie et d'entreprises de transformation
- Bois compressés (granulés, bûches reconstituées)



→ des origines différentes,
des caractéristiques différentes



La combustion du bois : quelques repères

- PCI : pouvoir calorifique inférieur = quantité de chaleur dégagée par la combustion complète de 1 kg de combustible (kWh/kg)
- Dépend de l'humidité du bois et de sa densité, donc de l'essence et du type de combustible

Etat anhydre	Essence	PCI (kWh/t)
Feuillus Moyenne : 4970	Charme	4880
	Hêtre	4950
	Chêne	5010
	Frêne	5020
	Bouleau	5080
Résineux Moyenne : 5290	Sapin	5180
	Douglas/épicéa	5280
	Mélèze/pin sylvestre	5380

Source : ITEBE

Bois Feuillus	
Humidité %	PCI (kWh/t)
0	5100
10	4500
20	3900
25	3700
30	3400
35	3100
40	2800
45	2500
50	2200

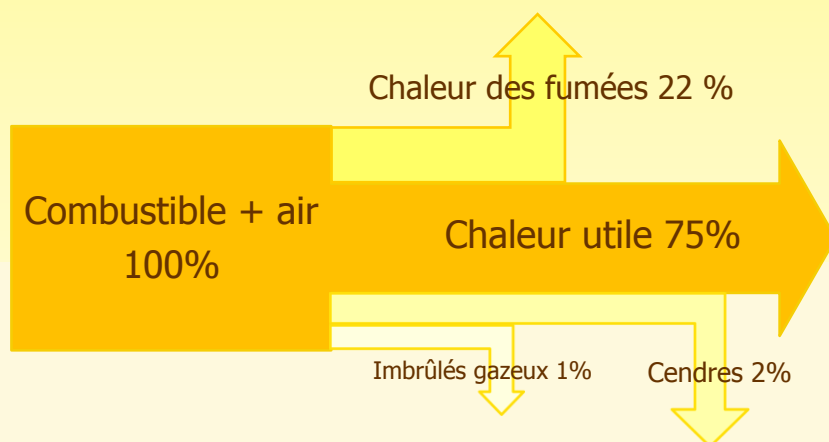
Source : UCFF



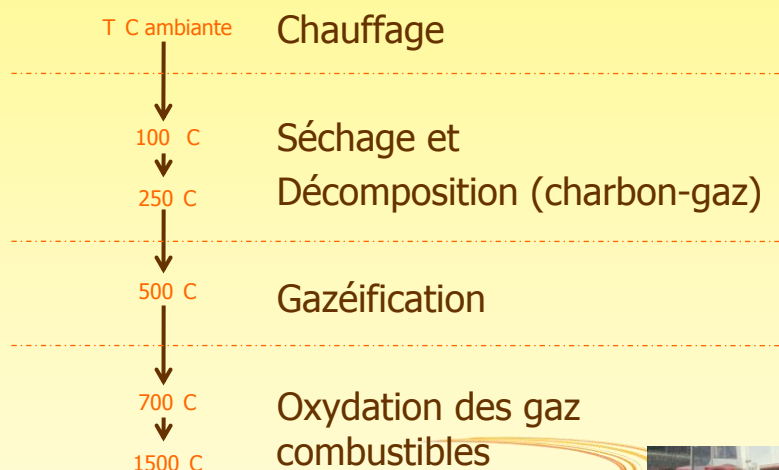
Le rendement de combustion

- Rendement de combustion :

$$\frac{\text{Chaleur utile récupérée lors de la combustion}}{\text{Contenu énergétique potentiel du combustible}}$$
- Appareil performant "Flamme Verte" : Rendement > 70%



Les étapes de la Combustion du bois



Production et consommation de bois-énergie en Bourgogne

Combustible	Production commercialisée	Consommation
Bûches	175 000 t - 290 000 stères commercialisés 120 000 t - 200 000 stères en affouages + autoconsommation, marchés parallèles	Estimée à 1 300 000 t (2 300 000 st)
Granulés de bois	55 000 t (Grand Est) – 5 000 t Bourgogne ?	?
Bois déchiqueté dont plaquettes forestières dont PCS + PC 2 nd e transformation, recyclage emballage et bois de rebut	105 000 t 15 000 t 90 000 t Plusieurs milliers de tonnes	160 000 t 15 000 t 145 000 t
TOTAL	405 000 t (dont 75% bois bûche)	1 460 000 t (dont 90% bois bûche)

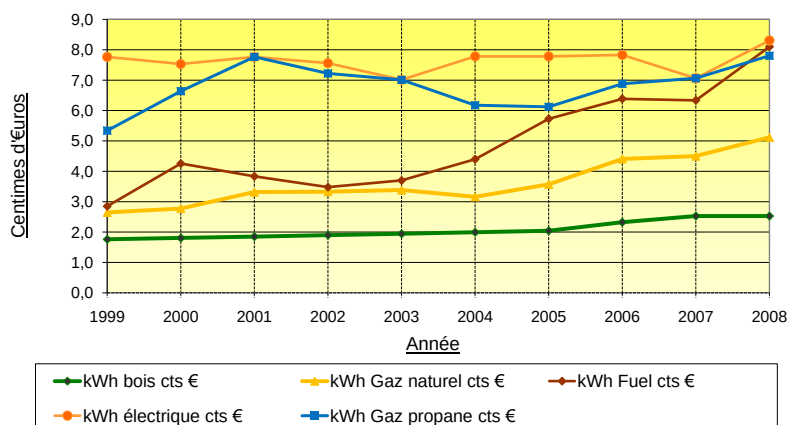
Source : Aprovalbois 2007



Comparatif de coûts : bois – autres combustibles

Coût des énergies pour des puissances de 50 à 500 kW

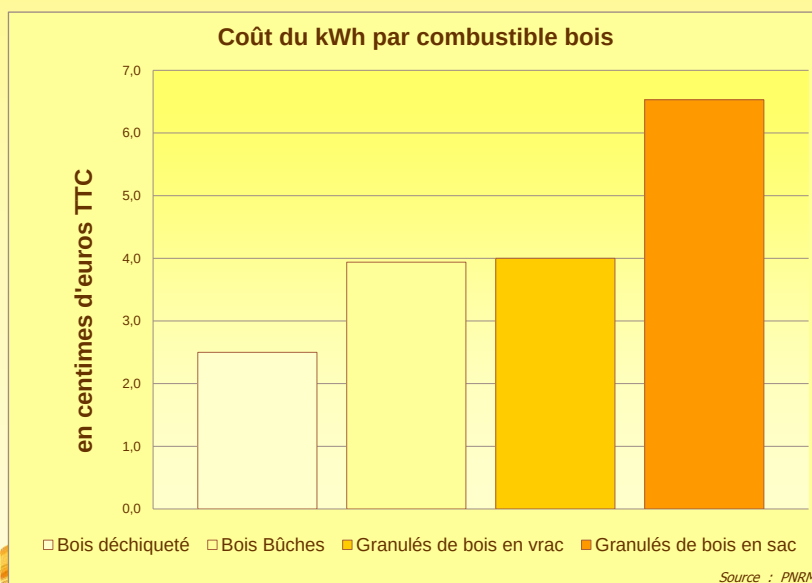
Coût du kWh entrée chaudière € TTC



Source : ATEE - ITEBE



Comparatif de coûts des combustibles bois



La filière plaquette forestière en Morvan



- La plaquette forestière : quelques repères
 - La filière
- La production : disponibilités, moyens et entreprises
 - Le stockage : pourquoi et comment
 - La livraison : les moyens



La plaquette forestière, quelques repères

- **Particules de bois** déchiqueté de 5x10x25 mm environ
- Obtenu par **broyage ou déchiquetage** de bois d'origines diverses : rémanents, co-produits de scierie, ...
- **MAP** : m³ apparent plaquette : quantité de bois déchiqueté contenue dans un volume de 1m x 1m x 1m
- La masse volumique du MAP dépend :
 - du taux d'humidité
 - de l'essence
 - la granulométrie
- En pratique, et selon l'essence, l'énergie contenue dans un **MAP** peut varier **de 700 à 1 100 kWh**
- **Un MAP = 70 à 100 l de fuel, = 0,6 à 0,7 st**



La filière :

Exploitation en forêt :
bûcheronnage - débardage



↓
Production de plaquettes en
forêt ou sur plate-forme : le
déchiquetage



↓
Stockage des plaquettes :
plateformes

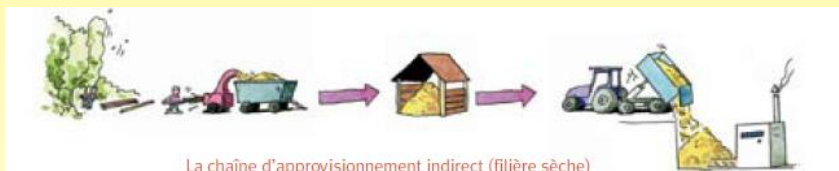


↓
Livraison en chaufferie



La Filière :

- Deux grands types de combustibles :
 - **Plaquette sèche et calibrée** ($T_x H\% < 35\%$) : pour les chaufferies de faible puissance ($< 500 \text{ kW}$)
 - **Plaquette humide et non calibrée** ($T_x H\% > 35\%$) : pour les chaufferies de puissance plus importante ($> 500 \text{ kW}$)
- Deux filières d'approvisionnement selon la puissance :



Source : Energivie

Disponibilités en forêt



- Récolte en Bourgogne : 50 à 60 % de l'accroissement annuel des forêts (estimé à 4 millions de m^3)
- Parmi la récolte :

	Volumes récoltés (m^3)
Bois d'œuvre	1 180 000 – 54%
Bois d'industrie	710 000 – 33%
Bois de feu et de carbonisation	290 000 – 13%
TOTAL	2 180 000

Source : Agreste 2006



La production : le déchiquetage

- **Les différents systèmes** de production sont :

- Les systèmes légers et manuels
- les systèmes mécanisés
- les systèmes lourds et puissants



- ... ils interviennent dans le cadre d'une **production particulière** et d'une **logistique adaptée**



Systèmes légers et manuels

- **tracteur** agricole, **déchiqueteuse** à alimentation manuelle, ensembles tracteur/remorque de 10 à 15 m³, **deux** personnes minimum
- Intervention sur chantiers **fixes ou mobiles** (agricoles, bords de routes et chemins, en entretien paysager)
- Utilisation annuelle agricole ou occasionnelle, **de 200 à 500 heures**
- Production :
 - environ **5 à 10 MAP/heure**
 - soit 600 à 1 500 MAP/an



Systèmes mécanisés

- **tracteur forestier, déchiqueteuse** à alimentation par grue, ensembles tracteur/remorque de 30 à 90 m³, **une** personne minimum
- Intervention sur chantiers **fixes** (plate-forme, chantier forestier)
- Utilisation forestière courante et/ou intensive, **de 500 à 1200 heures**
- Production :
 - environ **10 à 30 MAP/heure**
 - soit 5 000 à 12 000 MAP/an



Systèmes lourds et puissants

- **déchiqueteuse** automotrice ou sur camion, ensembles tracteur/remorque de 30 à 90 m³, **une** personne minimum
- Intervention sur chantiers **fixes ou mobiles** (plate-forme, chantier forestier)
- Utilisation forestière intensive, **supérieure à 1200 heures**
- Production :
 - environ **20 à 60 MAP/heure**
 - Soit plus de 30 000 MAP/an



La production : le déchiquetage

- Les entreprises en Morvan et proche périphérie :

Type de plaquette	Nb d'entreprises	Somme des productions (t/an)
Plaquettes calibrées	8	Plus de 3 000
Plaquettes moyennes	5	Plus de 2 600
TOTAL	13	Plus de 5 600

- Les moyens de déchiquetage :

Type de broyeurs	Nb de broyeurs	TOTAL
Grande capacité	2	10 broyeurs, fonctionnant à environ 20 % de leur capacité
Moyenne capacité	2	
Petite capacité	3	
Capacité inconnue	3	

Source : Energico 2009



Le stockage : pourquoi stocker ?

- Pour faire **baissier le taux d'humidité** du combustible :
 - fermentation du tas : température s'élève jusqu'à 70 °C
 - durée de fermentation de 3 à 6 mois pour humidité objectif de 25 à 35 %

→ Approvisionnement de la filière sèche

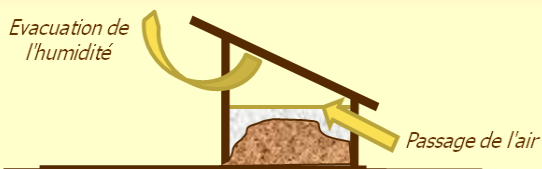
- Mais aussi pour :

- protéger le combustible des intempéries
- avoir des stocks de combustible disponibles
- déphaser la production de la consommation
- permettre des opérations comme le criblage
- classer les différentes qualités de combustible
- adapter et optimiser le mode de livraison
- ranger le matériel de production



Le stockage : comment stocker ?

- Hangars de stockage : ex : travées
 - Sol dur et propre, non inondable
 - Accès à toute la longueur (travées adaptées au chargement)
 - Hauteur adaptée au chargement (5-8m à l'avant – 4m à l'arrière)
 - Ventilation latérale et arrière
 - Murs pouvant supporter la poussée (béton banché)
 - Plateforme bétonnée devant le bâtiment



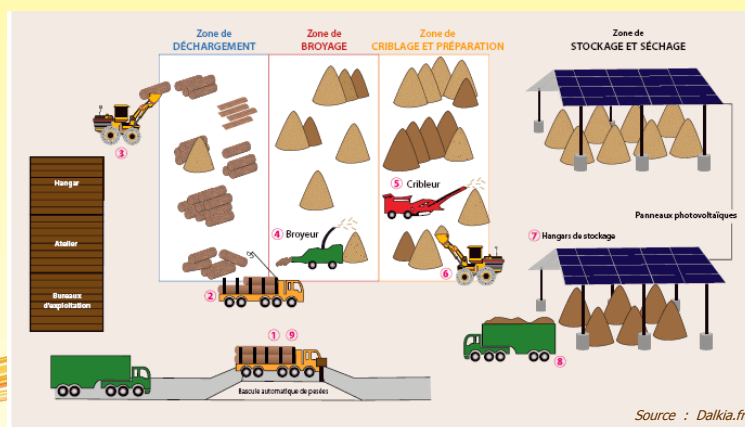
Le stockage : comment stocker ?

- Sous bâche évapo-transpirante : solution temporaire



Le stockage : comment stocker ?

- **Plate-forme de stockage, des moyens adaptés :** hangar, zone bétonnée, pont-bascule, contrôle du combustible (humidité et granulométrie), chargeur...



La livraison : moyens et entreprises

- **Modes de livraison** adaptés au silo de stockage :
 - Par semi-remorque : volume de livraison jusqu'à 90 m³ – hauteurs des tas 2,5m : déchargement par fond mouvant – important rayon de braquage
 - Par camion benne : volume de livraison de 35 à 40 m³ par benne – déchargement par bennage (hauteur!)
 - Par tracteur + benne : volume de livraison 15 à 30 m³
- **Les entreprises** : tous les modes de livraison sont possibles en Morvan



L'approvisionnement : les acteurs

- Les collectivités :
 - La solution intégrée : PNR Morvan
 - La gestion des livraisons : Millay
- Les entreprises :
 - Le secteur de l'élagage / espaces verts
 - Les professionnels du déchet
 - Les E.T.F. et exploitants
- Les structures d'insertion :
 - C.A.T. : Montsauche
 - Insertion : Samare
- Le secteur agricole : en activité de diversification
 - C.U.M.A. et G.I.E. : Millay, Terr'Eau
- Les propriétaires et gestionnaires forestiers :
 - O.N.F. : maîtrise d'œuvre et commercialisation (ONF énergie)
 - Les coopératives forestières



Les installations Bois-Energie



- Les différents types d'installations
- Principe d'une installation automatique plaquette
 - Projet bois-énergie, mode d'emploi
 - Etat des lieux des chaufferies



Les différentes installations bois-énergie :

- Les systèmes de **chauffage indépendants** :

- Les poêles : à bûches ou à granulés
- Les inserts
- Les cuisinières à bois



- Les systèmes de **chauffage central** :

- Les chaufferies bois bûches
- Les chaufferies granulés de bois
- **Les chaufferies bois déchiqueté/plaquette**



Principe d'une chaufferie bois plaquette

- **Le bois automatique** :

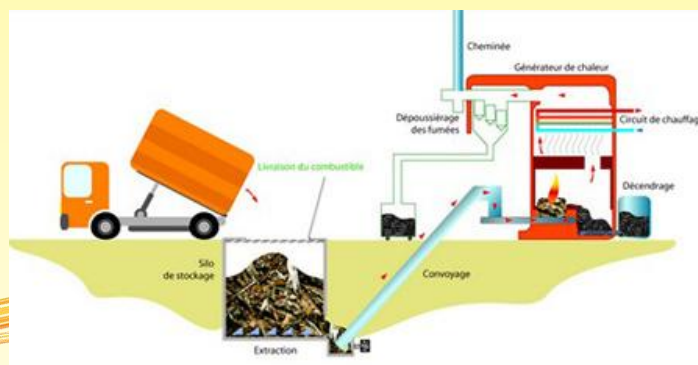
- **Approvisionnement** automatique depuis un silo de stockage du combustible jusqu'au foyer de la chaudière
- **Régulation** automatique selon l'appel de puissance du (des) bâtiment(s) (Allumage, décendrage...)
- Possibilité de centraliser la production de chauffage de plusieurs bâtiments grâce au **réseau de chaleur**



Principe d'une chaufferie bois plaquette

• L'installation :

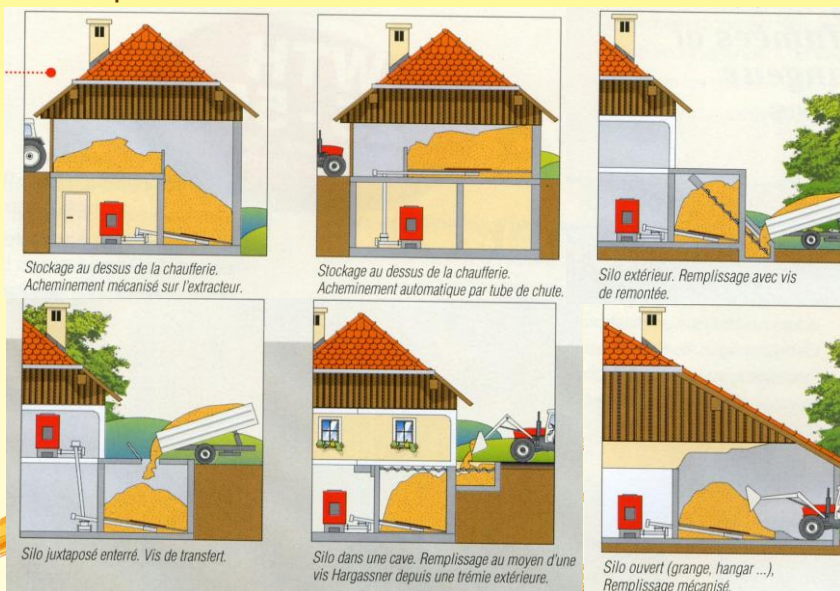
- silo et chaudière
- hydraulique en chaufferie (réseau primaire qui diffère selon l'existence d'un réseau de chaleur ou non – vers réseau secondaire)



Principe d'une chaufferie bois plaquette

• Exemples d'installations :

Source : Hargassner



Principe d'une chaufferie bois plaquette

- Les silos sont :
 - l'équivalent de la cuve à fuel
 - juxtaposés à la chaufferie bois
 - liés aux types d'approvisionnement
 - liés aux caractéristiques du combustible bois
 - adaptés en volume, suivant l'autonomie en combustible souhaitée



Principe d'une chaufferie bois plaquette

- Deux types de dessilage automatisé
 - Extracteur racleur - Filière humide et sèche
 - Extracteur rotatif - Filière sèche



Principe d'une chaufferie bois plaquette

- La chaudière :

- une combustion complète
- un rendement chaudière optimal (80 à 85 %)
- un taux de cendre réduit (0,5 à 2 % de la masse)

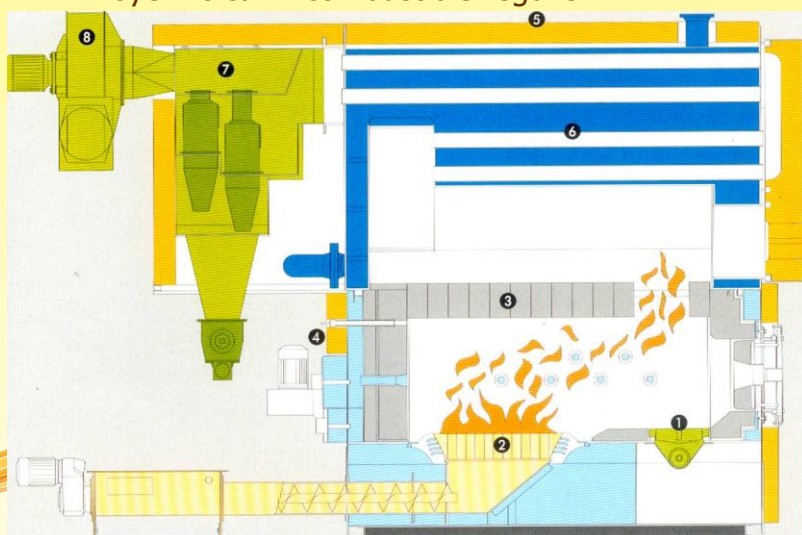
- 1- Chaudière
- 2- Ventilateur d'air
- 3- Air primaire
- 4- Air secondaire préchauffé
- 5- Allumeur automatique
- 6- vis d'entrée chaudière
- 7- Clapet coupe feu
- 8- Moteur de clapet
- 9- Moteur de vis d'entrée
- 10- Moteur de vis d'extraction
- 11- Vis d'extraction du silo
- 14- Armoire de commande
- 15- Couvercle de sécurité



Source : Hargassner

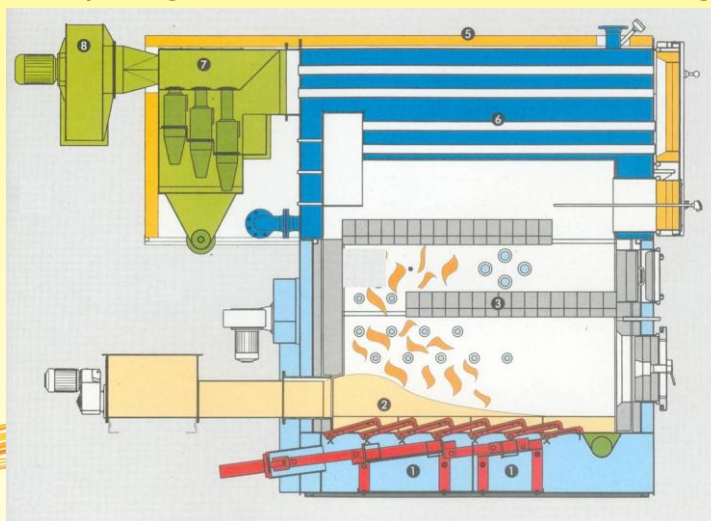
Principe d'une chaufferie bois plaquette

- Deux types de foyer selon le type de combustible:
 - Foyer volcan : combustible régulier



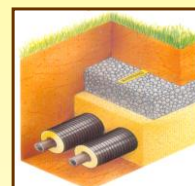
Principe d'une chaufferie bois plaquette

- Deux types de foyer selon le type de combustible:
 - Foyer à grille d'avancement : combustible irrégulier



Principe d'une chaufferie bois plaquette

- Le réseau de chaleur :
 - des canalisations souterraines isolées transportant l'eau chaude dans les bâtiments
 - des chambres de régulation dans les bâtiments
- Les avantages :
 - centraliser la production de chauffage
 - simplifier l'exploitation (un seul ramonage, un contrat de maintenance...) et mutualiser les équipements (un local technique, un lieu d'entretien, une zone de livraison/stockage)



Projet Bois-énergie, mode d'emploi :

- **Analyser le contexte** : existant, projets de construction...
- **Prédéterminer la puissance de l'installation** :
volume à chauffer, niveau d'isolation...
- **Rencontrer** des utilisateurs **et voir** des installations comparables
- **Prédéterminer les consommations** d'énergie et les besoins en combustible
- Définir les **aspects économiques**
 - **Pour les collectivités : analyse d'opportunité énergétique (PNRM)**
 - **Pour les particuliers, Espace Info Energie, fabricants/revendeurs**



Projet Bois-énergie, mode d'emploi pour les collectivités :

- **Etude de faisabilité** : possibilité technique et ses conséquences économiques, réflexion sur les approvisionnements (ressource, filière, moyens...)
- **Maîtrise d'ouvrage** : qui et quel montage juridique
- **Décision** – si oui, recrutement de la **maîtrise d'œuvre** : choix du mode de gestion, choix techniques définitifs, montage des dossiers de consultation,
- **Organisation de l'approvisionnement** : définition du cahier des charges combustible, des moyens à mettre en œuvre (stockage, ...), consultation des fournisseurs ou prestataires, contractualisation
- **Réalisation des travaux**
 - **Pour les collectivités : accompagnement par le Parc du Morvan**



Les chaufferies plaquette dans le Morvan :

Source : PNRM

Nombre de chaufferies bois

	En service	Etude faite	Analyse faite
Nombre de chaufferies bois collectives	15	21	65
Nombres de chaufferies bois d'entreprises	9	4	33
Nombres de chaufferies bois individuelles	34		51
Total des chaufferies bois automatiques	58	25	149

Puissances des chaufferies bois

	En service	Etude faite	Analyse faite
Puissance des chaufferies bois collectives	14 260	7 945	19 700
Puissance des chaufferies bois d'entreprises	853	420	3 955
Puissance des chaufferies bois individuelles	1 450		2 300
Total des puissances bois installées	16 563	8 365	25 955



Les chaufferies plaquette dans le Morvan

Source : PNRM

Consommations de combustible bois

	En service		En analyse	
	MAP	Tonnes	MAP	Tonnes
Consommation des chaufferies bois collectives	37 015	17 325	44 028	17 130
Consommation des chaufferies bois d'entreprises	1 125	390	3 468	1 092
Consommation des chaufferies bois individuelles	2 260	751	3 155	979
Total des chaufferies bois automatiques	40 400	18 466	50 651	19 201

Entreprises de production de combustible bois

	PNR Morvan et proximité		Total
	Existant	en projet	
Nombre d'entreprises de production	11		11
Nombre de broyeurs	10		10
Prestataires de broyage	7		7
Nombre de plate-forme de stockage	7	3	10
Superficie de stockage découvert (m²)	1 550	300	1 850
Superficie de stockage Couverte (m²)	40 000	6 000	46 000
Producteurs de plaquette forestière	13		13
Producteurs de plaquette de scierie	5		5



Les aides et accompagnements

- **Collectivités et entreprises** : Plan bois énergie et développement local (Programme Energie Climat Bourgogne) :

ETUDES	Secteur concurrentiel			Collectivités Bailleurs sociaux Associations...
	Petite entreprise	Entreprise moyenne	Grande entreprise	
taux	70%	60%	50%	70%
INVESTIS- SEMENT	Secteur concurrentiel		Collectivités, Bailleurs sociaux, Associations...	
	taux		40% + 10% PME du surcoût*	
			80% du surcoût*	

* Par rapport à la solution de référence

- **Particuliers** :

- Crédit d'impôt de 40% (hors main d'œuvre)
- Eco-prêt à taux zéro (condition : 2 types de travaux)
- Aides sous conditions de ressources : ANAH – CG58



En Morvan, mettons du bois dans nos projets Energie !

- **Une énergie d'avenir** : coût raisonnable – combustible renouvelable – ressource locale
- **Une filière organisée** : des acteurs et des moyens, y compris d'accompagnement
- **Une technologie maîtrisée** : adapter l'installation aux conditions de chaque projet

