

LA CHAUFFERIE BOIS AUTOMATIQUE

**AVEC RÉSEAU DE CHALEUR
DE L'ESPACE SAINT-BRISSON**

A SAINT-BRISSON (Nièvre)



Présentation
et bilan
d'exploitation
de 1998 à 2004



UNE CHAUFFERIE BOIS A LA MAISON DU PARC, UN ACTE VOLONTAIRE POUR DEMONTRER LA PERTINENCE :

- D'UTILISER UNE **RESSOURCE LOCALE** ISSUE DE L'ENTRETIEN DE L'ESPACE RURAL FORESTIER ET AGRICOLE
- DE **REDUIRE LA FACTURE ENERGETIQUE**
- DE **PARTICIPER AU DEVELOPPEMENT LOCAL** EN GENERANT UN REVENU AUX PROPRIETAIRES ET ENTREPRISES, EN FACILITANT PARFOIS LA REINSERTION PROFESSIONNELLE
- DE **CONTRIBUER A L'AMELIORATION DE LA QUALITE DE L'AIR** ET A LA REDUCTION DES GAZ A EFFET DE SERRE
- DE **GAGNER EN INDEPENDANCE ENERGETIQUE**, EN SE DEGAGEANT DES ALEAS DU PRIX DES ENERGIES FOSSILES



Espace Saint-Brisson (musées, grande maison) (photo – Daniel Sirugue)

Photos page de garde :

- Plaquettes forestières - Chaudière bois automatique 350 kW – (photos – PNRM)
- Paysage du Morvan en hiver – (photo – Daniel Sirugue)

SOMMAIRE

| | |
|--|--|
| <i>I - Caractéristiques des installations</i> | p 4 |
| 1.1 | Caractéristiques principales |
| 1.2 | Etat des bâtiments avant 1998 |
| 1.3 | Evolution des bâtiments depuis 1998 |
| 1.4 | Projet d'évolution |
| <i>II - Production du combustible bois</i> | p 7 |
| 2.1 | Le bois énergie : quelques repères |
| 2.2 | Coût du combustible bois |
| 2.3 | Consommation de carburant pour la production du combustible bois |
| 2.4 | Répartition des charges suivant le type de chantier |
| 2.5 | Mesure du pouvoir calorifique sur des bois d'origines diverses |
| <i>III - Bilan des consommations d'énergies</i> | p 13 |
| 3.1 | Bilan des consommations du combustible bois |
| 3.2 | Bilan des consommations par bâtiment |
| 3.3 | Bilan des consommations d'électricité de l'installation |
| <i>IV - Bilan de l'exploitation des installations</i> | p 20 |
| 4.1 | Temps d'exploitation de l'équipe technique |
| 4.2 | Tableau d'exploitation de la chaufferie |
| 4.3 | Bilan des opérations de maintenance |
| <i>V - Bilan économique</i> | p 24 |
| 5.1 | Coût des énergies |
| 5.2 | Economie d'exploitation de la chaufferie bois automatique |
| 5.3 | Temps de retour brut sur l'investissement "Chaufferie biomasse et réseau de chaleur" |
| <i>VI - Bilan environnemental</i> | p 28 |
| 6.1 | Bilan des TEP substituées |
| 6.2 | Bilan des quantités de CO2 et SO2 évitées |
| 6.3 | Quantité et masse volumique des cendres |
| 6.4 | Analyse des cendres |
| 6.5 | Valorisation des cendres |

1.2 ETAT DES BATIMENTS AVANT 1998

- Grande maison..... Fuel (1985)
- Administration..... Bois bûche / fuel (1988)
- Bibliothèque..... Fuel (1975)
- Musée..... Electrique (1983)
- Accueil..... Electrique
- Maison des artisans..... Electrique
- Logement / cuisine..... Bois Electrique / Electrique (1993)
- Auditorium / salle pédagogique / WC..... Non aménagé



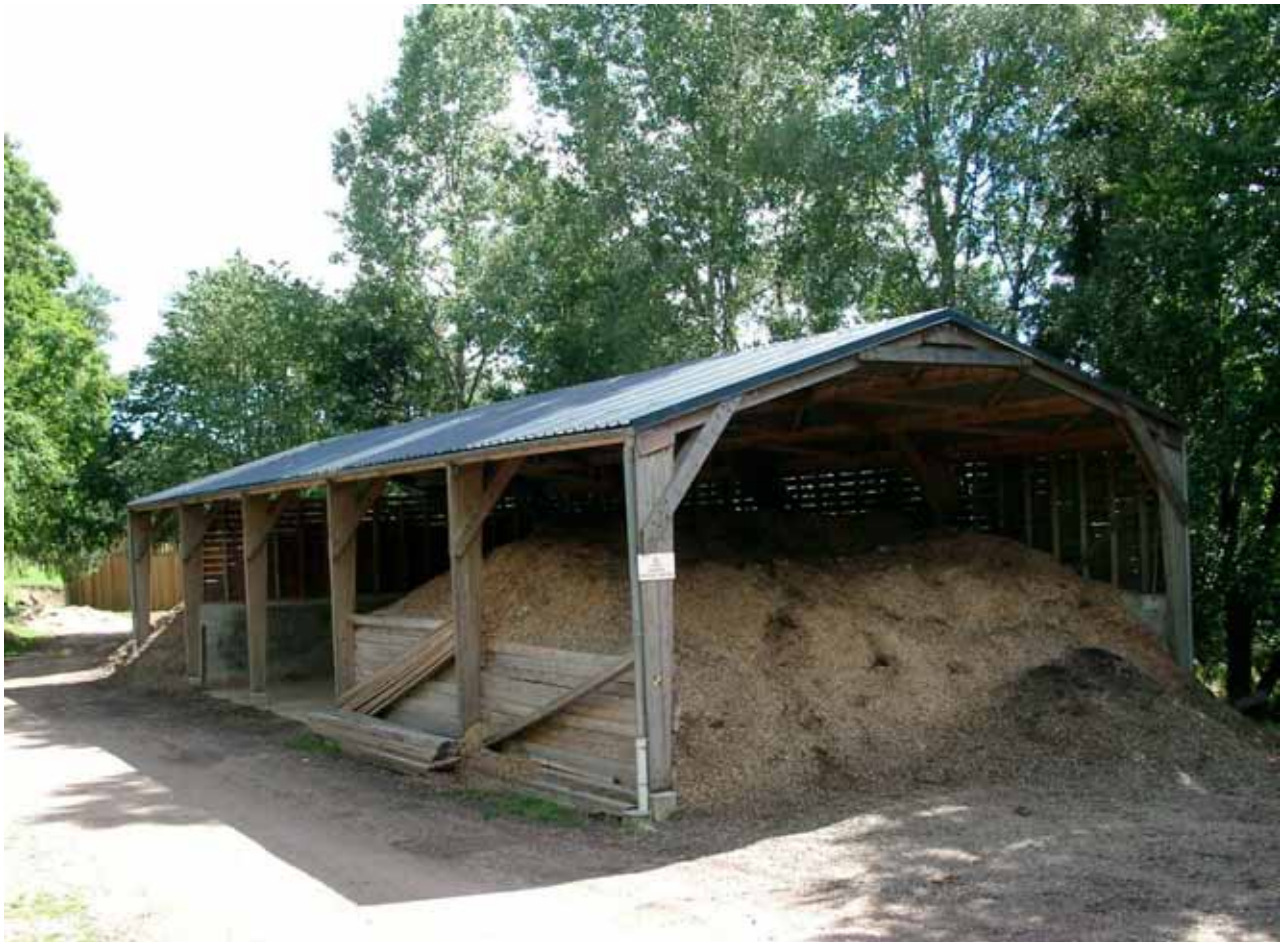
Zone de chargement du silo de 58 m³ utile (photo PNRM)

1.3 EVOLUTION DES BATIMENTS DEPUIS 1998

- 2000 : Raccordement du bâtiment accueil.
- 2001 : Raccordement dans la bibliothèque des bureaux "Conservatoire botanique" (90 m² - 270 m³).
- 2004 : Raccordement "Auditorium et salle pédagogique" (337 m² pour 1 284 m³).

1.4 PROJET D'EVOLUTION DES BATIMENTS

- 2005 : Projet d'aménagement des combles de "La maison des artisans" (50 m² pour 125 m³).
- En 2007: Construction du centre de la forêt Morvanelle, raccordement éventuel sur le réseau de chaleur (150 m² pour 450 m³).



Hangar de stockage du combustible bois – 200 m² - 700 m³ (photo – PNRM)

II - Production du combustible bois

2 . 1 LE BOIS ENERGIE : QUELQUES REPERES

- **M.A.P.** : l'unité de mesure : Mètre Cube Apparent de Plaquettes (bois déchiqueté)
- **1 stère** de bois fournit **1,2 à 1,5 MAP** selon l'essence et le type de bois
- **1 MAP**, selon le taux d'humidité et l'essence du bois, pèse **entre 200 et 320 kg**
- **1 MAP** produit entre **700 et 1000 kWh**, soit l'équivalent de 70 à 100 litres de fioul.
- Il faut de **3 à 5 MAP**, suivant le taux d'humidité et l'essence pour faire **1 Tonne**.
- **1 Tonne** représente environ **3 600 kWh à 25% d'humidité**.



Plaquettes forestières en phase de séchage (60 et 70°) (photo – PNRM)

2 . 2 COUT DU COMBUSTIBLE BOIS

La variation des coûts d'une saison à l'autre correspond à la volonté du Parc naturel régional de constituer des références selon différents types de chantiers :

- Bois issus de travaux sylvicoles (1998 / 1999 / 2000).
- Bois issus du bocage et de l'entretien de l'espace (1998 / 2000 / 2003).
- Bois issus de la tempête de 1999 (2000 / 2001).
- Bois issus de l'élagage routier (1999 / 2000 / 2001 / 2002 / 2003 / 2004).

Critères retenus par poste budgétaire

Fourniture, façonnage du bois :

- Achat du bois sur pied et façonnage (main d'œuvre).
- Transport jusqu'au lieu de déchiquetage.
- Dans le cas de l'élagage routier, ce poste budgétaire est gratuit.

Déchiquetage :

- Main d'œuvre et entretien de la déchiqueteuse.
- Coût d'utilisation du tracteur à raison de 18,72 € de l'heure (tracteur 120 ch).
- Amortissement de la déchiqueteuse et de la benne (23 172 € HT d'investissement amorti hors subvention sur 10 ans avec 1 500 MAP/an de production, soit 1,545 € HT/MAP).

Transport :

- Suivant le type de transport (grumier ou tracteur agricole).
- Dans le cas de l'élagage routier, ce poste budget est gratuit.

Stockage :

- Amortissement du hangar de stockage 200 m² (61 200 € HT d'investissement amorti sur 30 ans avec 1 200 MAP/an de production, soit 1,70 € HT/MAP).

Livraison :

- Main d'œuvre, un tracteur 120 ch pour le chargement et un tracteur 45 ch pour le transport (15 minutes par livraison de 9 m³).

Tableau récapitulatif des coûts par poste

| Coût du combustible bois par MAP produit (€uros HT) | | | | | | |
|---|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------------------|
| Années | Fourniture Façonnage bois | Déchetage | Transport | Stockage | Livraison | Coût €uros/MAP HT |
| 1998/1999 | 7,04 | 6,92 | 1,36 | 1,70 | 0,56 | 17,59 |
| 1999/2000 | 5,20 | 5,86 | 2,13 | 1,70 | 0,57 | 15,47 |
| 2000/2001 | 12,39 | 7,93 | 3,87 | 1,70 | 0,59 | 26,49 |
| 2001/2002 | 3,51 | 9,69 | 2,08 | 1,70 | 0,60 | 17,57 |
| 2002/2003 | 3,39 | 11,53 | 0,85 | 1,70 | 0,62 | 18,09 |
| 2003/2004 | 0,00 | 13,66 | 0,00 | 1,70 | 0,63 | 15,99 |
| Moyenne | 5,26 | 9,27 | 1,72 | 1,70 | 0,60 | 18,53 |

REMARQUE : Les coûts sont réels, sans prendre en compte les subventions.



Chantier de déchetage avec la DDE d'Avallon (89) – Valorisation des bois d'élagage routier (photo – PNRM)

2. 3 CONSOMMATION DE CARBURANT POUR LA PRODUCTION DU COMBUSTIBLE BOIS

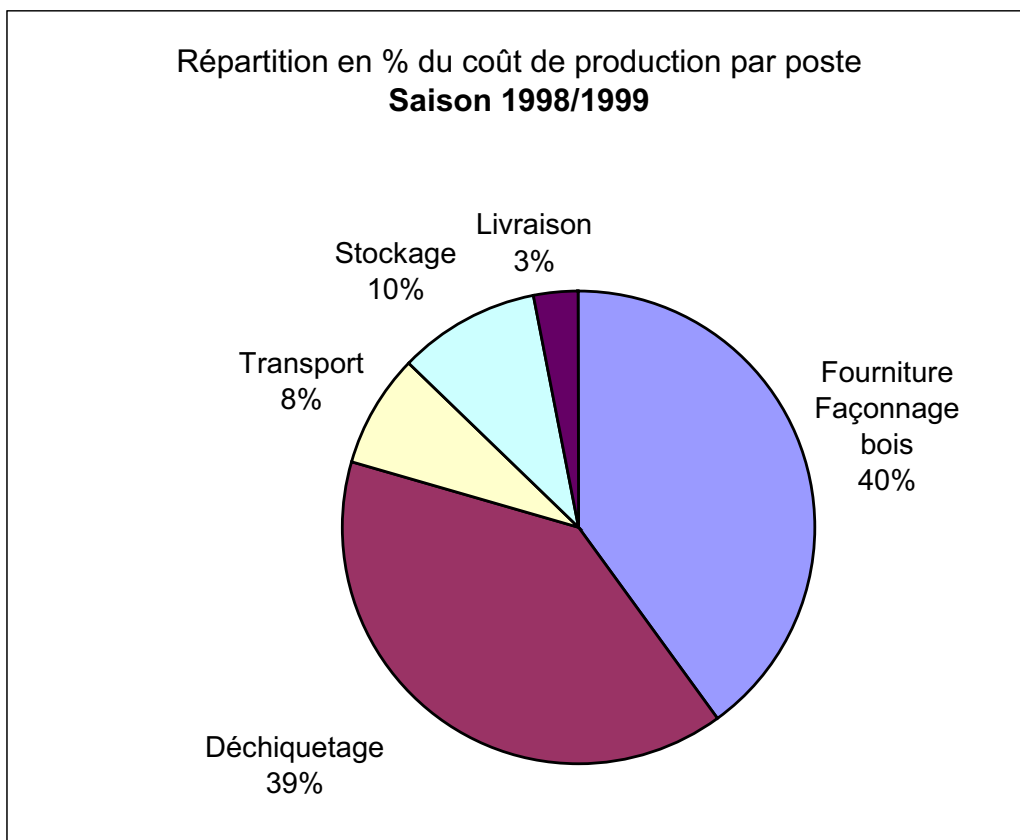
Selon le type de chantier (élagage routier, forestier, bocager...) et la nature du bois, pour le poste déchetage, la consommation de carburant est de **0,75 à 1,2 litres par MAP** produit.

Sur la filière globale de production (façonnage, déchetage, transport et livraison), la consommation de carburant est en moyenne de **3 à 5 litres par MAP entrée chaudière** (suivant les distances de transports et livraisons).

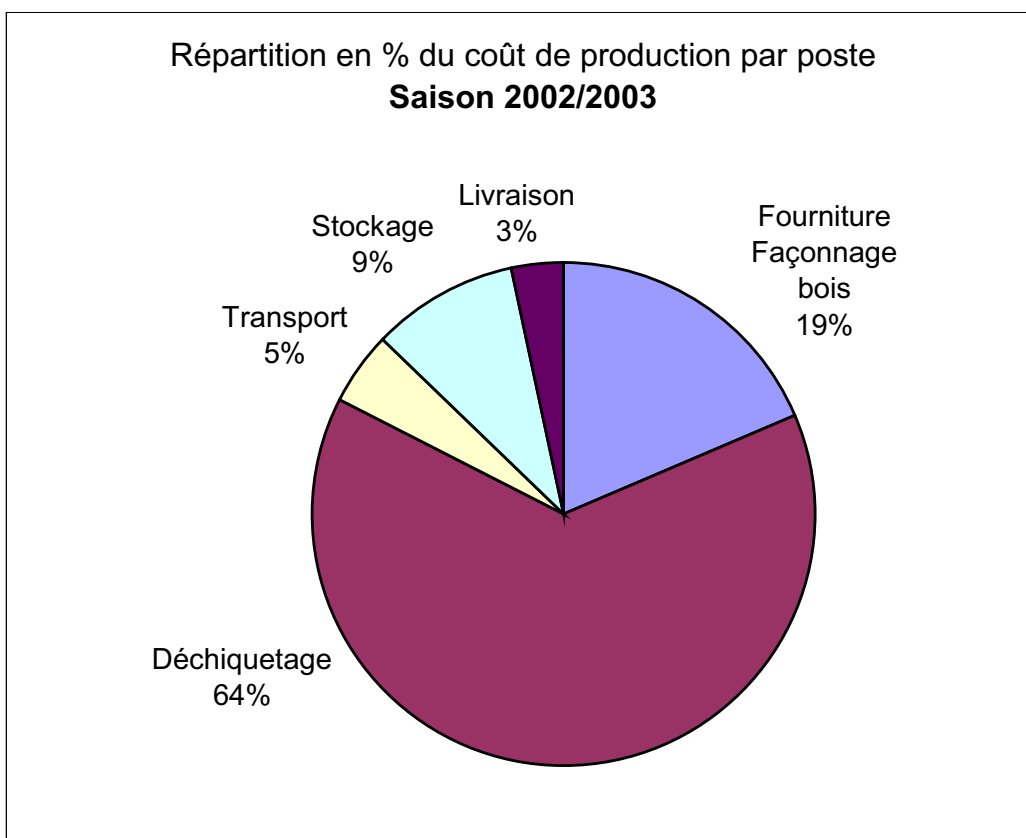
Soit de **30 à 50 kWh fuel consommés** pour **730 à 1000 kWh bois produits**.

2. 4 REPARTITION DES CHARGES SUIVANT LE TYPE DE CHANTIER

Bois issus de travaux sylvicoles et bocagers.



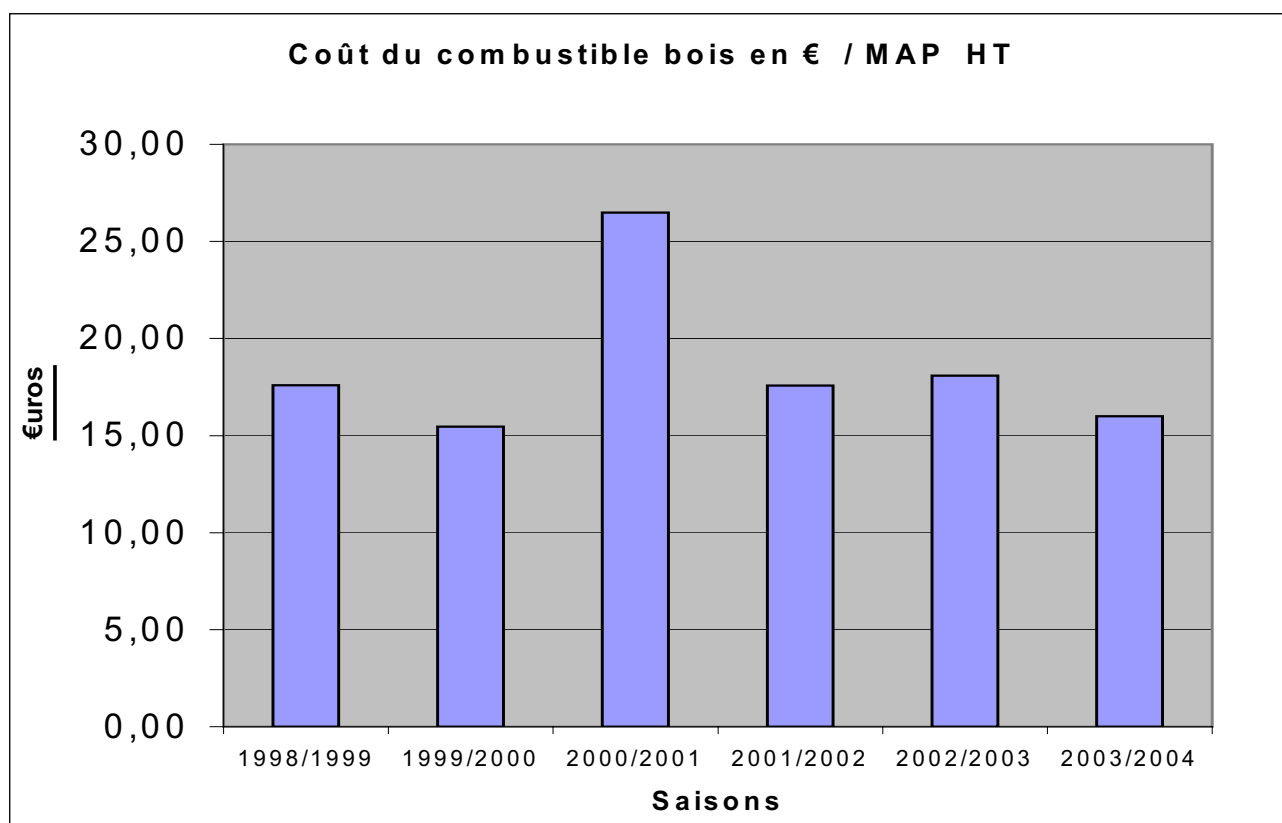
Bois issus de travaux bocagers et de l'élagage routier



Le déchetage est réalisé par le personnel du Parc avec le matériel acquis par le Syndicat Mixte.

Sur les chantiers d'élagage routier, le façonnage et le transport sont assurés par le personnel de la DDE.

Pour le déchetage du bois issu de la tempête de 1999, les équipes d'insertion du Parc sont intervenues sur les chantiers.



Le coût horaire du personnel Parc comprend le salaire brut, les charges sociales patronales et les indemnités de déplacements.

Il convient de noter également que certains chantiers sont plus productifs que d'autres en fonction des conditions géographiques, humaines et d'utilisation du matériel.

La vitesse de rotation de la déchiqueteuse est de 1 000 tours par minute. Le remplacement des couteaux, pour affûtage est effectué tous les 70 MAP environ.

Exemple de production d'un chantier avec une déchiqueteuse Biber 5 / Nidal :

- à poste fixe : 60 à 80 MAP/jour (2 personnes)
- à poste mobile en entretien de haies hautes et têtards : 30 à 50 MAP/jour (2 personnes)
- à poste mobile en production élagage routier : 20 à 30 MAP/jour (4 personnes)

2 .5 MESURE DU POUVOIR CALORIFIQUE SUR DES BOIS D'ORIGINES DIVERSES.

Procédure simplifiée des mesures inspirées de la norme NF 51-004 :

- 3 échantillons minimum par origine.
- Mesure de la masse volumique en seau de 10 litres.
- Séchage en étuve pendant 12 heures (6x2 heures) à 103 °C.

Moyenne des différentes mesures réalisées au cours des 2 dernières années.

| Origine bois | Taux d'humidité (% sur brut) | Masse volumique (Kg/MAP) | Granulométrie | PCI (kWh/t) | Energie volumique (kWh/MAP) |
|-----------------|------------------------------|--------------------------|---------------|-------------|-----------------------------|
| Elagage routier | 27 % | 210 | 20x15x5 | 3 488 | 732 |
| Bois en rondin | 25 % | 260 | 25x20x10 | 3 600 | 936 |

La masse volumique du combustible bois est très faible avec de l'élagage routier. Ce sont principalement des branches et branchages, dont le foisonnement est plus important.

Pour information : composition chimique du bois

- Carbone 48 à 50 %
- hydrogène 5 à 7 %
- Oxygène 43 à 46 %
- Azote 0.5 à 2 %
- Soufre 0 %
- Élément minéraux 2 à 3 %

III - BILAN DES CONSOMMATIONS D'ENERGIE

3.1 BILAN DES CONSOMMATIONS DU COMBUSTIBLE BOIS

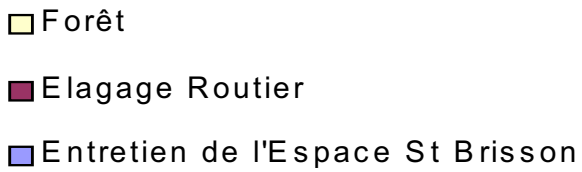
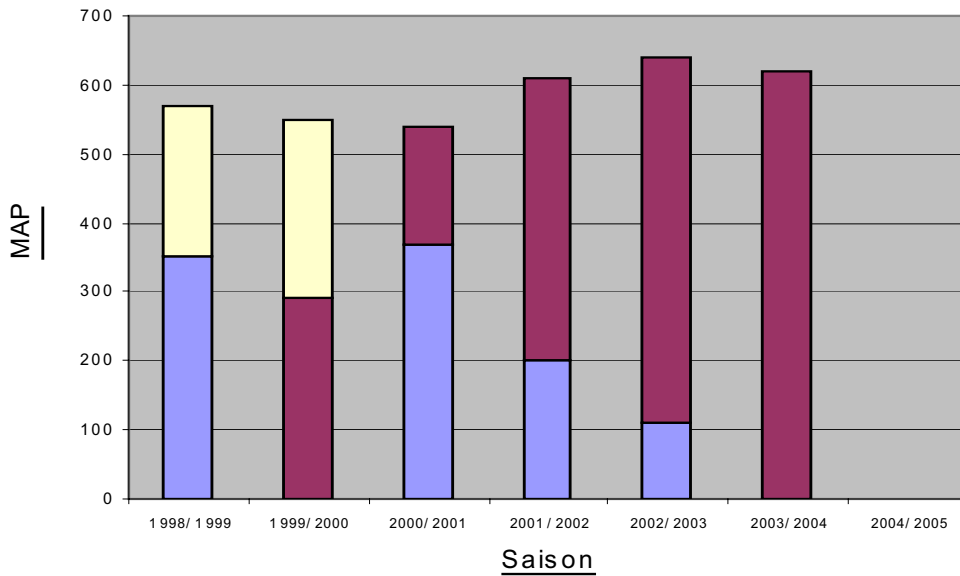
La consommation en MAP de la chaufferie est réalisée par relevé du service technique lors des approvisionnements en benne agricole.

| Année | Entretien de l'Espace St Brisson | Elagage Routier | Forêt | Total |
|--------------|----------------------------------|-----------------|------------|-------|
| 1998/1999 | 350 | 0 | 220 | 570 |
| 1999/2000 | | 290 | 260 | 550 |
| 2000/2001 | 370 | 170 | | 540 |
| 2001/2002 | 200 | 410 | | 610 |
| 2002/2003 | 110 | 530 | | 640 |
| 2003/2004 | | 620 | | 620 |
| Total | 1030 | 2020 | 480 | |

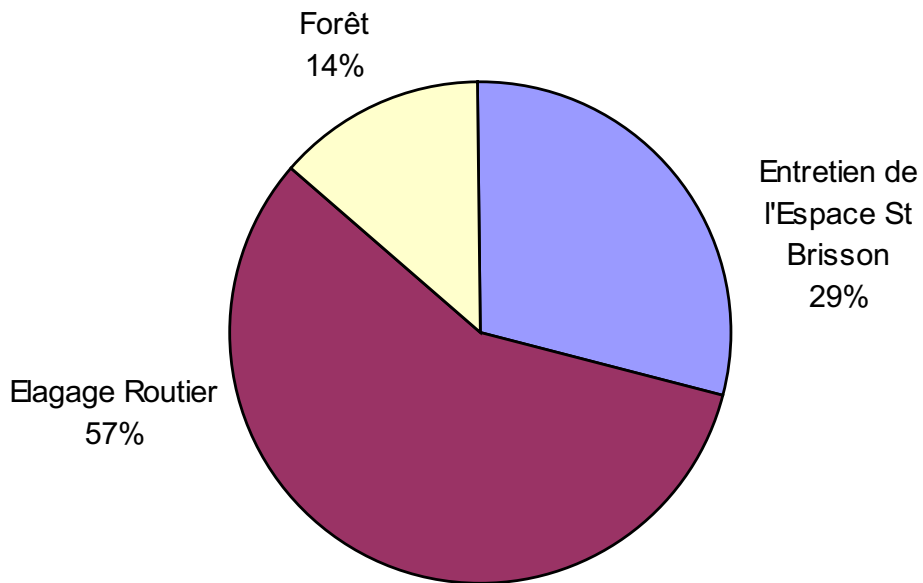


Production de plaquette forestière (photo – PNRM)

Consommation annuelle de combustible bois (en MAP)



Répartition des origines du combustible (6 ans d'exploitation)



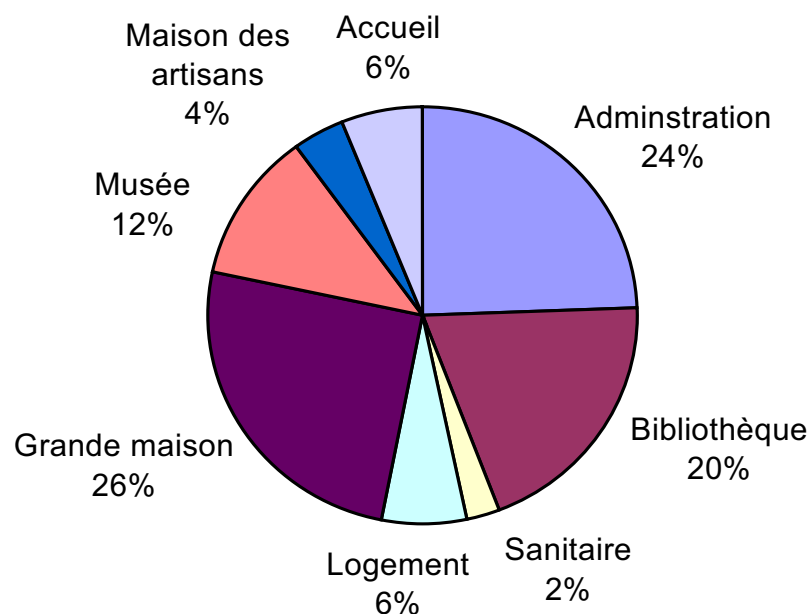
3 . 2 BILAN DES CONSOMMATIONS PAR BATIMENT.

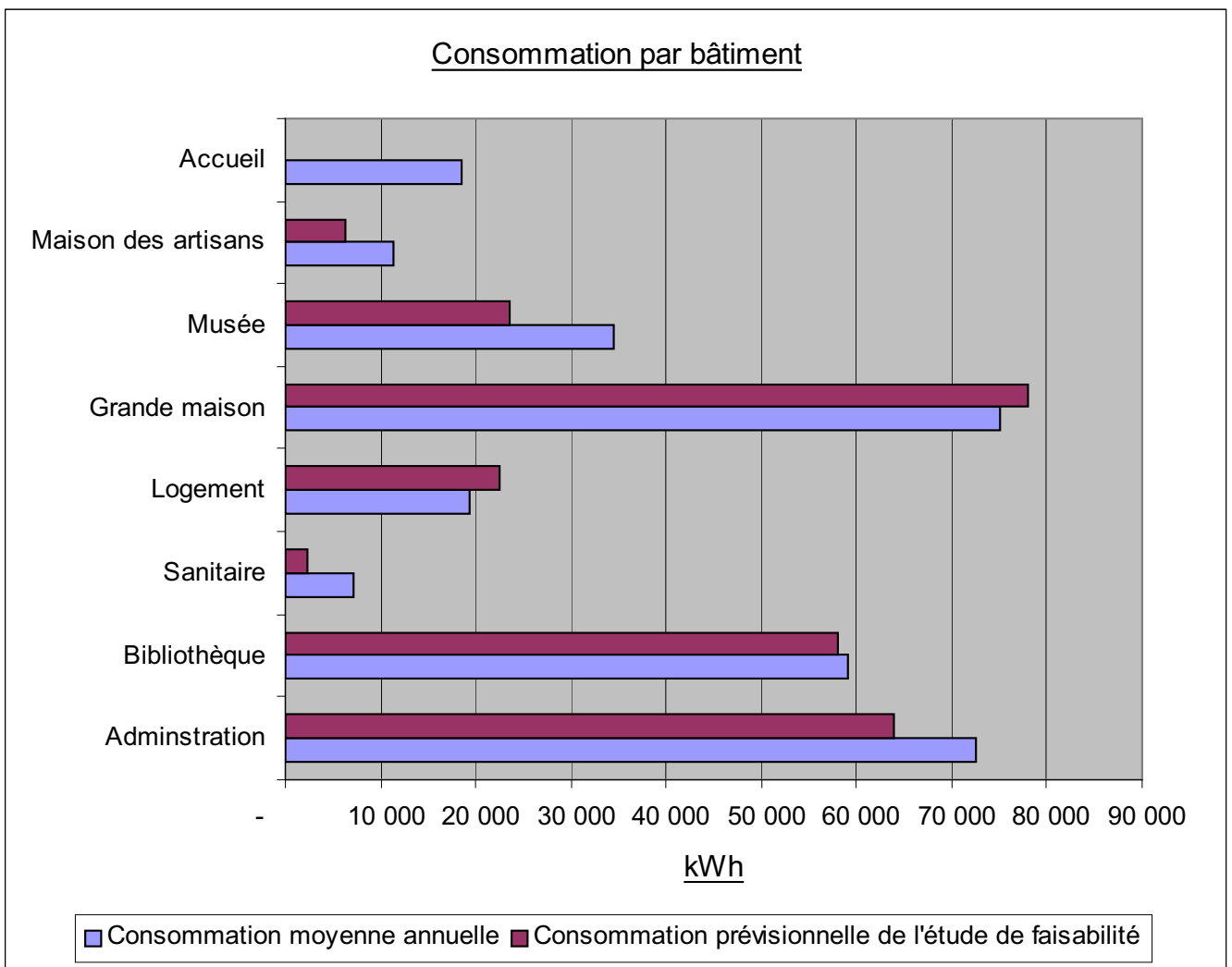
Ce bilan met en évidence les consommations d'énergie de chaque bâtiment desservi par le réseau de chaleur. Ils possèdent tous un compteur d'énergie qui nous permet de suivre mensuellement les consommations.

Le combustible entrée chaudière est le produit du nombre de MAP ensilés par leur valeur énergétique (PCI par MAP)

| Saison de chauffe | Combustible entrée chaudière | Consommation finale | Rendement Installation |
|-------------------|------------------------------|---------------------|------------------------|
| 98/99 | 533 520 | 278 688 | 52% |
| 99/00 | 455 640 | 291 567 | 64% |
| 00/01 | 470 760 | 274 333 | 58% |
| 01/02 | 487 320 | 320 646 | 66% |
| 02/03 | 490 920 | 311 065 | 63% |
| 03/04 | 453 840 | 308 618 | 68% |
| Total | 2 892 000 | 1 784 917 | |

Répartition des consommations de chauffage par bâtiment





Ce graphique nous montre la cohérence de l'étude de faisabilité et des consommations réelles de l'installation.



Mise en œuvre du réseau de chaleur (photo – PNRM)

Tableau général des consommations d'énergie par bâtiment :

| Saison de chauffe | Combustible entrée chaudière | Administration | Bibliothèque | Sanitaire | Logement | Grande maison | Musée | Maison des artisans | Accueil | Conommation finale | Rendement Installation |
|-------------------|------------------------------|----------------|--------------|-----------|----------|---------------|---------|---------------------|---------|--------------------|------------------------|
| 98/99 | 533 520 | 71 473 | 49 140 | 7 500 | 21 780 | 83 670 | 32 540 | 8 105 | 4 480 | 278 688 | 52% |
| 99/00 | 455 640 | 72 862 | 55 760 | 8 070 | 20 310 | 70 390 | 39 980 | 13 665 | 10 530 | 291 567 | 64% |
| 00/01 | 470 760 | 72 543 | 55 330 | 5 370 | 15 960 | 62 840 | 42 365 | 6 695 | 13 230 | 274 333 | 58% |
| 01/02 | 487 320 | 74 413 | 63 595 | 5 610 | 21 400 | 71 890 | 36 394 | 15 574 | 31 770 | 320 646 | 66% |
| 02/03 | 490 920 | 67 037 | 62 587 | 6 210 | 18 648 | 85 470 | 26 860 | 14 460 | 29 793 | 311 065 | 63% |
| 03/04 | 453 840 | 76 866 | 68 587 | 10 530 | 17 400 | 76 120 | 28 680 | 9 775 | 20 660 | 308 618 | 68% |
| Total | 2 892 000 | 435 194 | 354 999 | 43 290 | 115 498 | 450 380 | 206 819 | 68 274 | 110 463 | 1 784 917 | |

| | | | | | | | | | | |
|------------------------------|---------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|---------------------------------|--|
| Moyenne relevée | 482 000 | 72 532 | 59 167 | 7 215 | 19 250 | 75 063 | 34 470 | 11 379 | 18 411 | |
| Données étude de faisabilité | 474 000 | 64 000 | 58 000 | 2 300 | 22 600 | 78 000 | 23 500 | 6 400 | Non pris en compte dans l'étude | |

Etude de faisabilité réalisée en juin 1996 par le bureau d'études thermiques Jeanty.

Le rendement de la chaudière est de 88%, mesure réalisée par le bureau d'étude C.I.E Dupaquier en mars 2002.

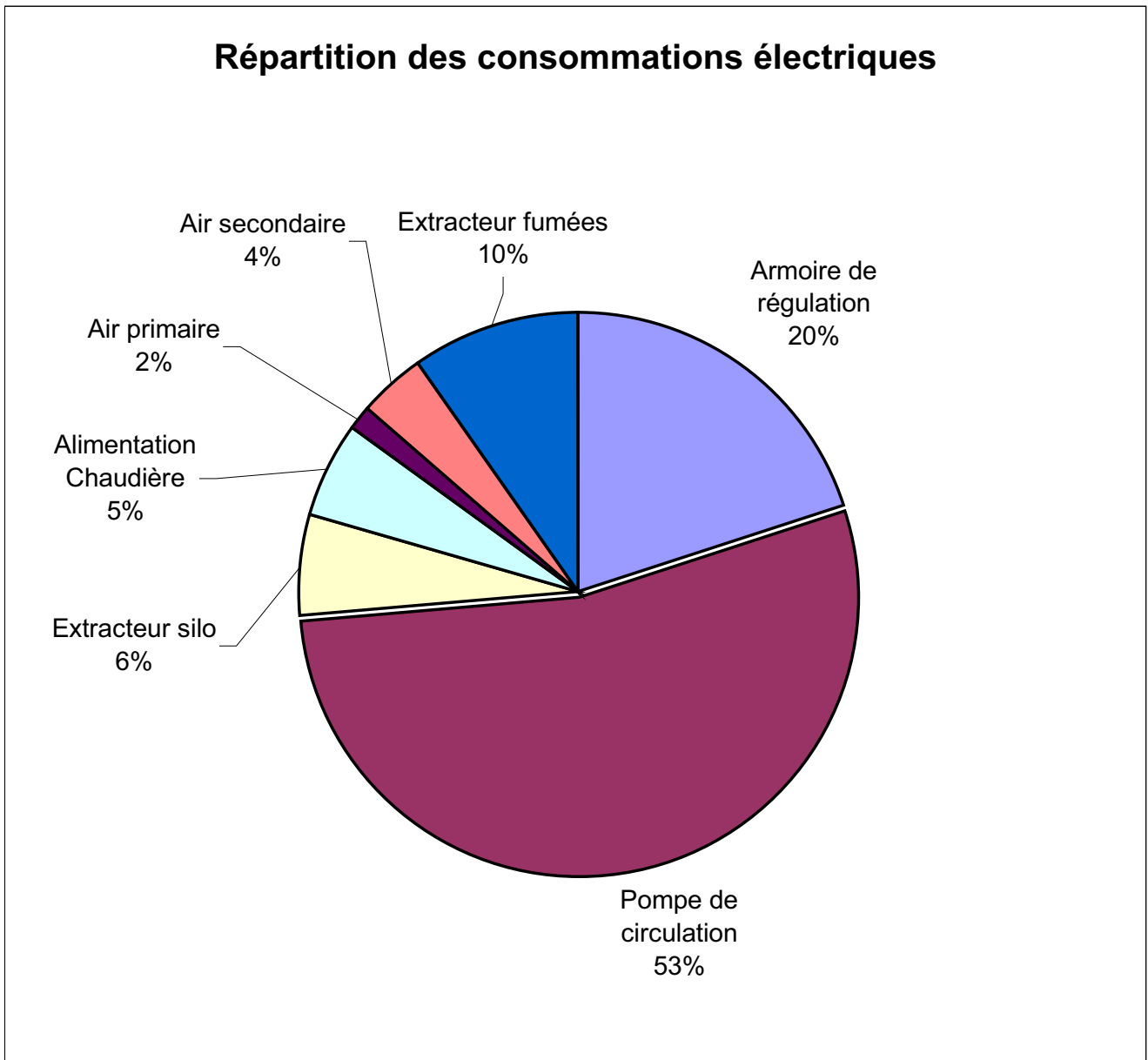
Le rendement de l'installation comprend:

R chaudière x (R distribution x R régulation x R équilibrage du réseau) Circuit primaire

3 . 3 BILAN DES CONSOMMATIONS ELECTRIQUES DE L'INSTALLATION

Ce bilan prend en compte les consommations de la chaudière bois automatique, de ses périphériques et du circuit primaire.

Les consommations d'électricité sont calculées par rapport à l'appel de puissance fait sur l'armoire de commande. Ces mesures ont été réalisées par le bureau d'étude C.I.E Dupaquier en mars 2002.



Des chronométrages ont également été réalisés en début, milieu et haute saison de chauffe, pour déterminer les temps moyens d'appel de combustible, de combustion et de régulation.

Tableau général des consommations moyennes d'électricité :

| Moyenne annuelle de fonctionnement | | | 5 904 heures |
|---|----------------------|----------------------------------|---------------------|
| | Puissance (en kW) | Consommation moyenne (en kWh) | Pourcentage |
| Armoire de régulation | | 1771 | 20 % |
| Pompe de circulation | 1,50 | 4 723 | 53 % |
| Extracteur silo | 1,10 | 531 | 6 % |
| Alimentation chaudière | 1,10 | 472 | 5 % |
| Air primaire | 0,14 | 138 | 2 % |
| Air secondaire | 0,45 | 328 | 4 % |
| Extracteur fumées | 1,10 | 868 | 10 % |
| Total | 5,39 | 8 831 | |

Pour une consommation moyenne annuelle de 482 000 kWh PCI "entrée chaudière", nous avons 8 831 kWh/an électrique de fonctionnement,

La consommation électrique chaufferie et réseau **représente 1,80 % de l'énergie consommée entrée chaudière**

OU

3 % de la consommation finale des bâtiments (297 500 kWh)

Pour **1 MWh thermique produit**, l'installation consomme environ **18 kWh électriques** avec un réseau de chaleur de 320 m

IV - BILAN DE L'EXPLOITATION DES INSTALLATIONS

4.1 TEMPS D'EXPLOITATION DE L'EQUIPE TECHNIQUE

Le temps d'exploitation d'une chaufferie bois automatique comprend plusieurs postes.

Critère retenu par poste d'exploitation

Surveillance (de 1 à 2 minutes par jour)

- 1 visite journalière de la chaufferie
- Vérification du combustible bois dans le silo
- Surveillance des fumées d'évacuation (contrôle visuel)

Evacuation des cendres (environ 30 minutes par semaine)

IMPORTANT: La chaudière de la Maison du Parc n'est pas équipée du décendrage automatique. Cette fonctionnalité équipe aujourd'hui toutes les chaudières.

- décendrer le foyer et évacuer les cendres
- Vider le bac du dépoussiéreur des fumées
- Evacuer les cendres vers les zones d'épandage (prairies de l'espace St Brisson)

Nettoyage chaudière et chaufferie (15 minutes par semaine)

- Nettoyer l'échangeur de chaleur
- Nettoyer la chaufferie (passer l'aspirateur et nettoyer le sol)

Nettoyage annuel de la chaufferie (1 journée à 2 techniciens)

- Nettoyer le foyer de la chaudière complètement
- Nettoyer les entrées de l'air primaire et secondaire
- Démonter, aspirer le dépoussiéreur
- Ramoner le conduit de fumée
- Vérifier les périphériques désilage combustible
- Graisser les mécanismes
- Vérifier les sondes thermiques
- Vérifier et nettoyer la sonde lambda

- Vérifier les étanchéités et les jointures

Relevés des compteurs (1 heure par mois)

- 1 fois par mois dans la chaufferie et les 9 sous-stations
- Exploitation des relevés des compteurs pour la gestion des bâtiments



La chaufferie du Parc est un lieu de visite (environ 250 personnes par an), pour cette raison, le service technique apporte un soin particulier à la propreté de ce local. Néanmoins, il est souhaitable de toujours avoir une chaufferie propre.

4. 2 TABLEAU D'EXPLOITATION DE LA CHAUFFERIE :

| Saison de chauffage | Temps de fonctionnement | | | Postes d'exploitation (Heures d'exploitation) | | | | | Coût horaire d'exploitation en Euros | Coût annuel en Euros |
|---------------------|-------------------------|------------|-----------|---|------------------------|--------------------------------|------------------|-----------------------|--------------------------------------|----------------------|
| | Heures | Jours | Semaines | Surveillance | Evacuation des cendres | Nettoyage chaudière chaufferie | Nettoyage annuel | Relevés des compteurs | | |
| 1998-1999 | 6 192 | 258 | 37 | 3,69 | 18,43 | 9,21 | 16,00 | 9 | 56,54 | 853,80 |
| 1999-2000 | 5 448 | 227 | 32 | 3,24 | 16,21 | 8,11 | 16,00 | 8 | 51,67 | 799,74 |
| 2000-2001 | 6 000 | 250 | 36 | 3,57 | 17,86 | 8,93 | 16,00 | 9 | 55,29 | 877,08 |
| 2001-2002 | 6 168 | 257 | 37 | 3,67 | 18,36 | 9,18 | 16,00 | 9 | 56,39 | 916,89 |
| 2002-2003 | 6 096 | 254 | 36 | 3,63 | 18,14 | 9,07 | 16,00 | 9 | 55,91 | 931,96 |
| 2003-2004 | 5 520 | 230 | 33 | 3,29 | 16,43 | 8,21 | 16,00 | 8 | 52,14 | 890,82 |
| Moyenne | 5 904 | 246 | 35 | 3,51 | 17,57 | 8,79 | 16,00 | 9 | 54,66 | 878,66 |

Pour la chaufferie du Parc d'une puissance de 350 kW, le temps consacré à d'exploitation est :

- Avec un approvisionnement en combustible par une structure extérieure, **55 heures pour une personne** du service technique.

Soit 3,5 % d'un temps plein annuel.

- Avec un approvisionnement en régie (Livraison et ensilage du combustible par les services techniques), **80 heures pour une personne** du service technique.

Soit 5 % d'un temps plein annuel.

4 . 3 BILAN DES OPERATIONS DE MAINTENANCE

Ces opérations correspondent à des travaux de gros entretien et éventuellement de renouvellement de matériel.

| Saison de chauffage | Opération de maintenance | Coût TTC (en €) | Coût annuel TTC (en €) |
|---------------------|---|-----------------|------------------------|
| 1998 – 1999 | Main d'œuvre maintenance | 275,00 | 275,00 |
| 1999 – 2000 | Achat d'un aspirateur pour l'entretien chaudière / chaufferie | 660,00 | 875,00 |
| | Main d'œuvre maintenance | 215,00 | |
| 2000 – 2001 | Main d'œuvre spécifique | 250,00 | 250,00 |
| 2001 – 2002 | Remplacement des purgeurs en sous station | 173,00 | 346,00 |
| | Remplacement vanne en chaufferie | 346,00 | |
| 2002 – 2003 | Main d'œuvre maintenance | 180,00 | 212,00 |
| | Remplacement chaîne | 32,00 | |
| 2003 - 2004 | Main d'œuvre maintenance | 150,00 | 812,10 |
| | Main d'œuvre dépannage | 42,10 | |
| | Remplacement relais armoire kob | 520,00 | |
| | Remplacement de 2 éléments de la voûte | 100,00 | |
| | | TOTAL | 2 770,10 |

Les opérations de maintenance représentent une moyenne budgétaire de 468 € TTC / an.

Ce budget va progressivement augmenter avec le vieillissement de l'installation et dans le cadre d'une collectivité locale ou territoriale, **il est souhaitable de provisionner un compte pour ce type de maintenance (Suivant le M14 – 687 – Dotation aux amortissements et provisions).**

V - BILAN ECONOMIQUE

5 . 1 COUT DES ENERGIES

Critères retenus pour le coût des kWh bois, fuel et électrique

Bois

- Suivant le chapitre 2 de ce document
- TVA à 5.5%

Fuel

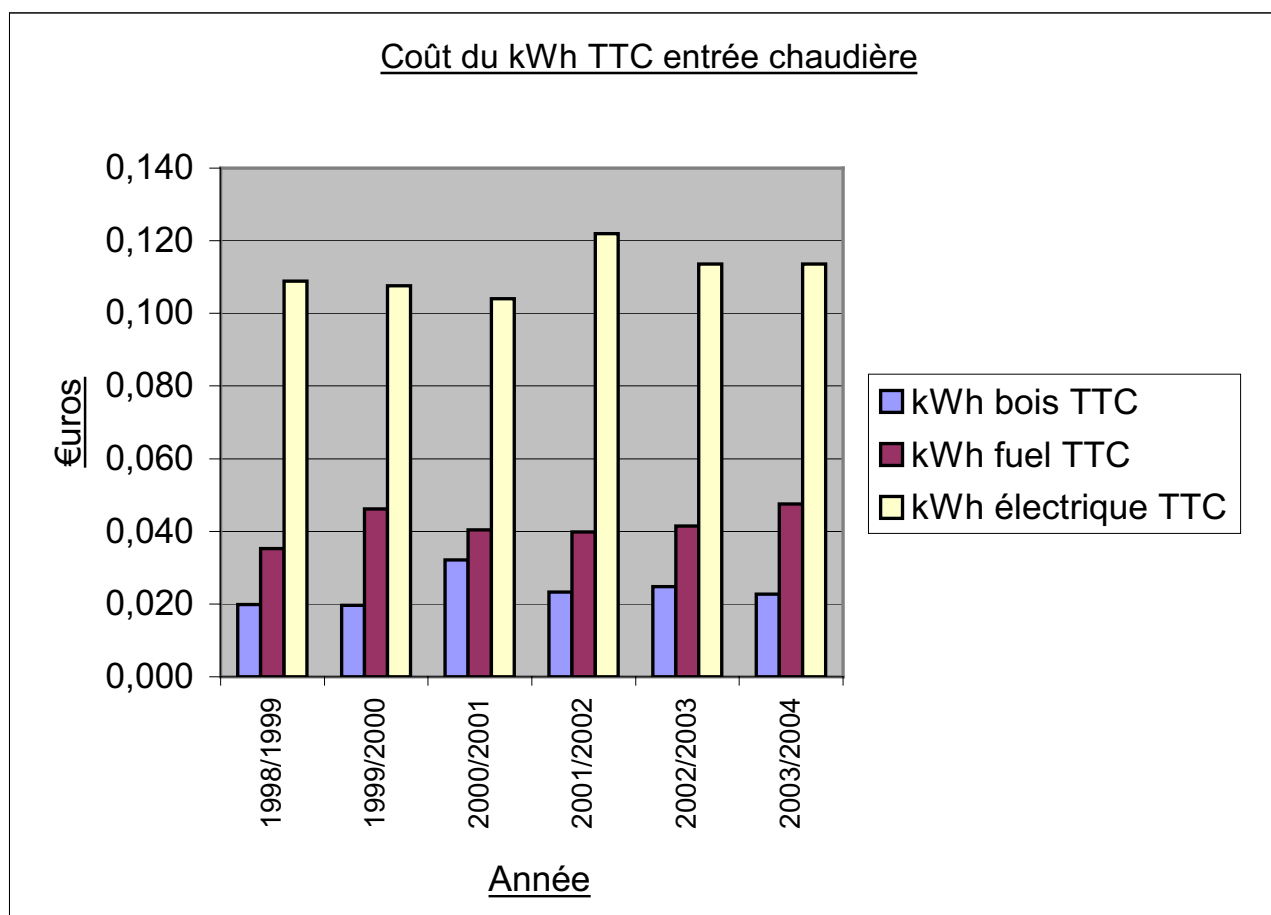
- Suivant le classeur "Les prix de l'énergie depuis le 15 janvier 1982 à ce jour" indiquant les tarifs mensuellement de l'Association Technique Energie Environnement (ATEE)
- Suivant les données du ministère de l'économie, des finances et de l'industrie.
- Suivant les tarifs fuel livrés au Parc depuis 1997, en simulant des livraisons en camion citerne de 14 000 litres avec 5 cuves à remplir
- TVA à 19.6%

Electricité

- Tarif Jaune 30 kVA
- Suivant le "Feuillet de gestion" d'EDF, en prenant en compte les mois de la saison de chauffe de septembre à mai et suivant la tarification spécifique HPH, HCH, HPE et HCE.
- TVA abonnement à 19,6% pour les tarifs jaunes
- TVA à 19,6% sur le kWh

Tableau du coût des énergies pour les installations de la maison du Parc

| Saison | Bois | | | | Fuel | | | Electricité | |
|---------|-----------------|-----------|------------|-------------|----------------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| | Coût MAP HT (€) | PCI moyen | KWh HT (€) | KWh TTC (€) | Litre de fuel HT (€) | KWh HT (€) | KWh TTC (€) | KWh HT (€) | KWh TTC (€) |
| 98 – 99 | 17,59 | 935 | 0,019 | 0,020 | 0,289 | 0,029 | 0,035 | 0,091 | 0,109 |
| 99 – 00 | 15,47 | 830 | 0,019 | 0,020 | 0,379 | 0,039 | 0,046 | 0,090 | 0,108 |
| 00 – 01 | 26,49 | 870 | 0,030 | 0,032 | 0,332 | 0,034 | 0,040 | 0,087 | 0,104 |
| 01 – 02 | 17,57 | 795 | 0,022 | 0,023 | 0,327 | 0,033 | 0,040 | 0,102 | 0,122 |
| 02 – 03 | 18,09 | 770 | 0,023 | 0,025 | 0,340 | 0,035 | 0,041 | 0,095 | 0,114 |
| 03 -04 | 15,99 | 740 | 0,022 | 0,023 | 0,390 | 0,040 | 0,048 | 0,095 | 0,114 |



5. 2 ECONOMIE D'EXPLOITATION DE LA CHAUFFERIE BOIS AUTOMATIQUE

La simulation des consommations de fuel et d'électricité est établie suivant l'état initial des bâtiments (voir chapitre 1.1 – p 5)

| Saison de chauffage | Fonctionnement bois | | | |
|---------------------|---------------------|--------------------|--------------|-------------|
| | Combustible bois | Electricité de Fct | Exploitation | Maintenance |
| 1998-1999 | 10 026 | 825 | 854 | 230 |
| 1999-2000 | 8 508 | 736 | 800 | 762 |
| 2000-2001 | 14 305 | 788 | 877 | 209 |
| 2001-2002 | 10 718 | 946 | 916 | 289 |
| 2002-2003 | 11 578 | 853 | 931 | 177 |
| 2003-2004 | 9 914 | 792 | 891 | 679 |

| Fonctionnement fuel et électrique | Fonctionnement fuel et électrique | | | |
|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|--------------|-------------|
| | Combustible fuel | Electricité de chauffage | Exploitation | Maintenance |
| | 7 405 | 6 771 | 600 | 450 |
| | 9 702 | 8 330 | 600 | 450 |
| | 8 105 | 7 275 | 600 | 450 |
| | 8 658 | 11 296 | 600 | 450 |
| | 9 410 | 9 117 | 600 | 450 |
| | 8 863 | 8 269 | 600 | 450 |

| TOTAL bois en Euros HT | TOTAL fuel - électricité en Euros HT | Economie d'exploitation bois en Euros HT |
|------------------------|--------------------------------------|--|
| 11 934,80 | 15 226,00 | 3 291,20 |
| 10 806,00 | 19 082,00 | 8 276,00 |
| 16 179,00 | 16 430,00 | 251,00 |
| 12 869,00 | 21 004,00 | 8 135,00 |
| 13 539,00 | 19 577,00 | 6 038,00 |
| 12 276,00 | 18 182,00 | 5 906,00 |

Total cumulé HT 31 897,20

| Saison de chauffage | Fonctionnement bois | | | |
|---------------------|---------------------|--------------------|--------------|-------------|
| | Combustible bois | Electricité de Fct | Exploitation | Maintenance |
| 1998-1999 | 10 577 | 987 | 854 | 275 |
| 1999-2000 | 8 976 | 880 | 800 | 911 |
| 2000-2001 | 15 092 | 942 | 877 | 250 |
| 2001-2002 | 11 307 | 1 131 | 916 | 346 |
| 2002-2003 | 12 215 | 1 020 | 931 | 212 |
| 2003-2004 | 10 459 | 947 | 891 | 812 |

| Fonctionnement fuel et électrique | Fonctionnement fuel et électrique | | | |
|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|--------------|-------------|
| | Combustible fuel | Electricité de chauffage | Exploitation | Maintenance |
| | 8 856 | 8 098 | 600 | 450 |
| | 11 604 | 9 963 | 600 | 450 |
| | 9 694 | 8 701 | 600 | 450 |
| | 10 355 | 13 510 | 600 | 450 |
| | 11 254 | 10 904 | 600 | 450 |
| | 10 600 | 9 890 | 600 | 450 |

| TOTAL bois en Euros TTC | TOTAL fuel - électricité en Euros TTC | Economie d'exploitation bois en Euros TTC |
|-------------------------|---------------------------------------|---|
| 12 693,01 | 18 004,50 | 5 311,49 |
| 11 567,55 | 22 616,27 | 11 048,72 |
| 17 161,19 | 19 444,48 | 2 283,29 |
| 13 700,55 | 24 914,98 | 11 214,43 |
| 14 377,67 | 23 208,29 | 8 830,62 |
| 13 109,59 | 21 539,87 | 8 430,29 |

Total cumulé TTC 47 118,85

5. 3 TEMPS DE RETOUR BRUT SUR L'INVESTISSEMENT "CHAUFFERIE BIOMASSE ET RESEAU DE CHALEUR"

Investissement bois énergie en 1998

| | |
|---|-----------|
| Chaudière biomasse - accessoires et raccords | 63 570,00 |
| Aménagement chaudière et silo | 18 446,00 |
| Réseaux extérieurs, génie civil | 32 929,00 |
| Raccords intérieurs des bâtiments (radiateurs - plomberie) | 13 568,00 |
| Équipement intérieur des bâtiments (radiateurs - plomberie) | 46 040,00 |
| Études, maîtrise d'œuvre chaudière, réseaux et stockage | 21 190,00 |

Investissement hors subvention

| | |
|---|----------------|
| Travaux sous-station "Auditorium" en 2003 | 6 587,00 |
| Total HT €uros | 202 330 |
| Total TTC €uros | 241 987 |

Amortissement de l'investissement Brut

| | |
|---|----------------|
| Montant d'investissement Hors subvention | 202 330 |
| Montant d'investissement HT - Subvention à 50 % | 101 165 |
| Surcoût d'investissement Biomasse à 50% de subvention | 50 615 |

| | |
|--|-----------------|
| Temps de retour Brut à 50 % de subvention | 6,45 ans |
|--|-----------------|

Investissement renouvellement chaudières et convecteurs

| | |
|---|-----------|
| Chaudière "Administration" bois/fuel 90 kW | 7 600,00 |
| Chaudière "Bibliothèque" fuel 50 kW | 5 700,00 |
| Chaudière "Auditorium" 60 kW (ECS) | 6 500,00 |
| Aménagement chaudière "Auditorium" - citerne enterrée | 18 000,00 |
| Chauffage électrique "Sanitaire Biblio" | 750,00 |
| Chauffage électrique "Maison des artisans" | 1 000,00 |
| Convecteurs "Musées" | 4 000,00 |
| Chaudière "Grande maison" fuel 70 kW | 7 000,00 |

| | |
|------------------------|------------------|
| Total HT €uros | 50 550,00 |
| Total TTC €uros | 60 457,80 |

Pour l'investissement, le syndicat mixte du PNRM est sous le régime de Compensation pour la TVA (F.C.T.V.A).

VI . BILAN ENVIRONNEMENTAL

Hypothèse retenue : Pour ce bilan environnemental, nous prenons comme hypothèse que l'ensemble des bâtiments de la Maison du Parc est chauffé par une unité centralisée fonctionnant au fuel domestique, dans un souci de simplification dû à la complexité de l'évaluation de CO₂ liée à l'usage de l'électricité en utilisation "chauffage".

6 . 1 BILAN DES TONNES EQUIVALENT PETROLE SUBSTITUEES

| Saison de chauffe | Combustible entrée chaudière en kWh | Consommation de fuel Evitées (en litre) | Tonnes Equivalents Pétroles substituées |
|-------------------|-------------------------------------|---|---|
| 1998/1999 | 533 520 | 54 358 | 46 |
| 1999/2000 | 455 640 | 46 423 | 39 |
| 2000/2001 | 470 760 | 47 963 | 40 |
| 2001/2002 | 487 320 | 49 651 | 42 |
| 2002/2003 | 490 920 | 50 017 | 42 |
| 2003/2004 | 453 840 | 46 239 | 39 |
| Total | 2 892 000 | 294 651 | 249 |

Moyenne annuelle évitée de 40 TEP

6 . 2 BILAN DES EMISSIONS DE CO₂ ET SO₂ EVITEES

| Saison de chauffe | Combustible entrée chaudière en kWh | CO ₂ évités (en tonne) | SO ₂ évités (en kg) |
|-------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| 1998/1999 | 533 520 | 144 | 269 |
| 1999/2000 | 455 640 | 123 | 230 |
| 2000/2001 | 470 760 | 127 | 238 |
| 2001/2002 | 487 320 | 132 | 246 |
| 2002/2003 | 490 920 | 133 | 248 |
| 2003/2004 | 453 840 | 123 | 229 |
| Total | 2 892 000 | 781 | 1 460 |

Moyenne annuelle évitée de 130 tonnes de CO₂ et 240 kg de SO₂.

6 . 3 QUANTITES ET MASSE VOLUMIQUE DES CENDRES

La production des cendres est en moyenne de **1,7 tonnes/an**

- soit de **1 à 1,5% de la masse totale du combustible consommé**
- Soit **3, 5 kg de cendre pour 1 MWh thermique produit**

La masse volumique des cendres est de **521 kg/m³**

- soit environ **3 m³ de cendres par an** pour une **consommation moyenne annuelle de 590 MAP**

6 . 4 ANALYSE DES CENDRES

Réalisé par : Institut départemental de l'Environnement et d'Analyse (IDEA)

Date de prélèvement : 30 / 04 / 2001

Analyse sur le produit sec :

| Paramètres physico-chimiques | Méthode | Unité | Valeur | Valeur limite (1) |
|------------------------------|----------------|----------|--------|-------------------|
| Chrome | NF en 1233 | .mg / kg | 12 | < 1 000 |
| Cadmium | NF en iso 5961 | .mg / kg | < 2 | < 20 |
| Cuivre | FDT 90 112 | .mg / kg | 140 | < 1 000 |
| Manganèse | FDT 90 112 | .mg / kg | 5 200 | |
| Nickel | FDT 90 112 | .mg / kg | 16 | < 200 |
| Plomb | FDT 90 112 | .mg / kg | 15 | < 800 |
| Zinc | FDT 90 112 | .mg / kg | 150 | < 3 000 |
| Mercure | NF en 1483 | .mg / kg | < 1 | < 10 |
| Somme Cr+Cu+Ni+Zn | | .mg / kg | 318 | < 4000 |

(1) En référence aux valeurs limites d'épandage des boues de stations d'épuration - Suivant l'annexe 1 de l'arrêté du 08 janvier 1998 – teneurs limites éléments / traces dans les boues.

Analyse sur le produit brut :

| Paramètres physico-chimiques | Méthode | Unité | Valeur | Norme |
|------------------------------|----------------|-----------------|---------|-------|
| PH | NF en 12176 | Unités pH | > 12 | |
| Azote kjeldahl | NF en 13 342 | .g / kg | < 0,030 | |
| Phosphore total | NFT 90 023 | .g de P205 / kg | 61 | |
| Calcium | NF en iso 7980 | .g de CaO / kg | 425 | |
| Magnésium | NF en iso 7980 | .g de MgO / kg | 39 | |
| Potassium | NFT 90 019 | . g de K2O / kg | 90 | |

6 . 5 VALORISATION DES CENDRES

Les valeurs données sur le produit brut sont équivalentes à un amendement (0 – 15 – 15).

L'épandage des cendres a donc 2 fonctions dans le Morvan :

- Rééquilibrer le PH des sols (PH moyen dans le Morvan – 5) – Amendement alcalinisant.
- Apporter une fumure de fond. En effet, les cendres sont un très bon amendement pour la préparation des terrains, et/ou les 2 et 3 premières années de cultures (pépinière, plantations de sapins de Noël, plantations forestières, légumes à racines).

Depuis la mise en fonctionnement de la chaudière automatique au bois, le service technique du Parc épand les cendres sur les 40 hectares de prairie constituant le domaine.

Riche en minéraux, cet amendement évite l'achat d'engrais.

En 2002, une expérience fut menée sur l'utilisation des cendres en apport minéral sur des plantes médicinales. Dans les conditions de l'expérimentation, il n'a pas été constaté de différence avec les amendements classiques.

Les faibles quantités de cendre que la chaudière produit, ne nous permettent pas de mener des expériences d'envergure sur l'amendement des terres agricoles.



Ensilage du combustible bois (photo PNRM)

Remerciements :

- Association Technique Energie Environnement (A.T.E.E)
- Didier Chomaz – A.S.D.E.R
- Gwénolé Le Roux – Chargé de mission "Contrat Rural" PNRM
- Valérie Pompon – Secrétaire PNRM

Ont participé à l'élaboration de ce bilan :

- Philippe Leroy – Président de la commission "Energies renouvelables" PNRM
- Marcel Lamoureux – responsable du service technique du PNRM
- Michel Azière – ADEME Bourgogne
- Vincent Houis – Chargé de mission "Sapin de Noël" – Agriculture PNRM
- Régis Maurisso – Chargé de mission "NTIC" PNRM
- Philippe Renon – Chargé de mission "Energies renouvelables" PNRM



Paysage du Morvan, vue sur le Mont Beuvray depuis l'éperon rocheux de Larochemillay (photo – OTh - PNRM)

Pour tout renseignement :

Philippe RENON

Chargé de mission Energies renouvelables

Maison du Parc

58 230 Saint Brisson

03 86 78 79 30

philippe.renon@parcdumorvan.org

Document réalisé en septembre 2004

