



ÉTUDE DE FAISABILITE

Chaufferie automatique au bois

Commune de Lautenbach

Contacts : M. Philippe Hecky (maire)

Mme Marie-Myriam Stoehr (secrétaire générale de mairie) : 03.89.76.32.02

Mme Estelle Neiss (PER) : 06.40.94.41.63

Version 2 (définitive) – 08.09.2021

PROCESS ENERGIES RENOUVELABLES

Conception, développement et conseils pour des projets couronnés de succès

Table des matières

1.	Historique et contexte du projet	4
2.	Etude des ressources	6
2.1	Ressources humaines	6
2.2	Ressources matérielles	6
3.	Etude des besoins énergétiques	7
3.1	Bâtiments à étudier	7
3.2	Périmètre du réseau de chaleur	16
A.	Chaufferie centrale au cœur du village	16
B.	Chaufferie centrale derrière la salle polyvalente	20
C.	Chauffage individuel de la salle polyvalente	20
4.	Etude de dimensionnement	21
4.1	Calcul de la puissance nécessaire en chaufferie	21
4.2	Calcul de la puissance à installer en bois et de l'appoint secours	22
4.3	Implantation de l'installation	23
A.	Chaufferie centrale au cœur du village	23
B.	Chaufferie centrale derrière la salle polyvalente	25
4.4	Réseau de chaleur	26
A.	Variante A petit réseau de chaleur	26
B.	Variante B grand réseau de chaleur	28
5.	Etude de l'approvisionnement bois	32
5.1	Détermination et caractérisation des gisements en plaquettes bois	32
5.2	Détermination et caractérisation des gisements en granulés bois	35
5.3	Schémas d'organisation de l'approvisionnement et mobilisation du combustible, solutions préconisées	38
6.	Etude technique de la chaufferie	41
6.1	Chaudière et équipements	41
A.	Chaudière aux plaquettes bois pour la chaufferie centrale	41
B.	Chaudière aux granulés bois pour la salle polyvalente	43
6.2	Génie civil et VRD	45
A.	Chaufferie centrale	45
B.	Silo d'alimentation – Stockage du combustible	45
C.	Hangar et stockage éventuel du combustible	46
6.3	Règlementation et qualité de l'air	46

6.4 Fournisseurs et références	46
7. Etude économique et financière – chaufferie centrale	48
7.1 Chiffrage des investissements	48
7.2 Coût prévisionnel d'exploitation de la chaufferie	48
7.3 Aspects économiques	50
7.4 Plan de financement proposé	51
8. Etude économique et financière – chaudière individuelle salle polyvalente	53
8.1 Remplacement des émetteurs de chaleur	53
8.2 Chiffrage des investissements	54
8.3 Coût prévisionnel d'exploitation de la chaufferie	55
8.4 Aspects économiques	56
8.5 Plan de financement proposé	57
9. Conclusion	58
Annexe 1 : Glossaire	61
Annexe 2 : Listing des raccordements au réseau de gaz	62
Annexe 3 : Grille de synthèse des résultats de l'étude	63
Annexe 4 : Schéma de principe de l'installation de production de chaleur	67
Annexe 5 : Plan de masse de la chaufferie bois – garages préfabriqués	69
Annexe 6 : Plan de masse de la chaufferie bois – silo enterré	73
Annexe 7 : Aperçu panneaux rayonnants salle polyvalente	76
Annexe 8 : Détails des investissements pour chaque solution	77

1. Historique et contexte du projet

La commune de Lautenbach étudie la possibilité de création d'un réseau de chaleur avec une chaufferie centrale au bois pour les bâtiments communaux au centre du village depuis 2006. A l'époque, le montant de l'investissement ne permet pas à la commune de concrétiser l'opération. En 2016, la problématique est rediscutée par la municipalité. S'y ajoute la nécessité du remplacement des chaudières équipant les bâtiments communaux. Depuis juin 2020, la nouvelle municipalité travaille sur ce projet avec une forte envie de concrétisation. Les objectifs affichés par la commune sont :

- Diminution des frais de fonctionnement et des coûts énergétiques
- Eviter le remplacement par des chaudières fonctionnant avec une énergie fossile
- Adhérer à une démarche environnementale par l'utilisation de la filière bois, la commune disposant de ressources forestières.

C'est dans ce contexte que nous avons été retenus pour réaliser une étude de faisabilité technico-économique pour une chaufferie centrale au bois. Le périmètre de l'étude porte sur :

- Les bâtiments au centre du village : mairie, Collégiale, bureau de Poste avec logement au premier étage, presbytère, école maternelle et école primaire
- La salle polyvalente, située à environ 250 m de ce centre
- La résidence de la Lauch, constituée de 10 logements pour personnes âgées et appartenant au bailleur social Habitats Haute-Alsace, sur le trajet entre le centre et la salle polyvalente.

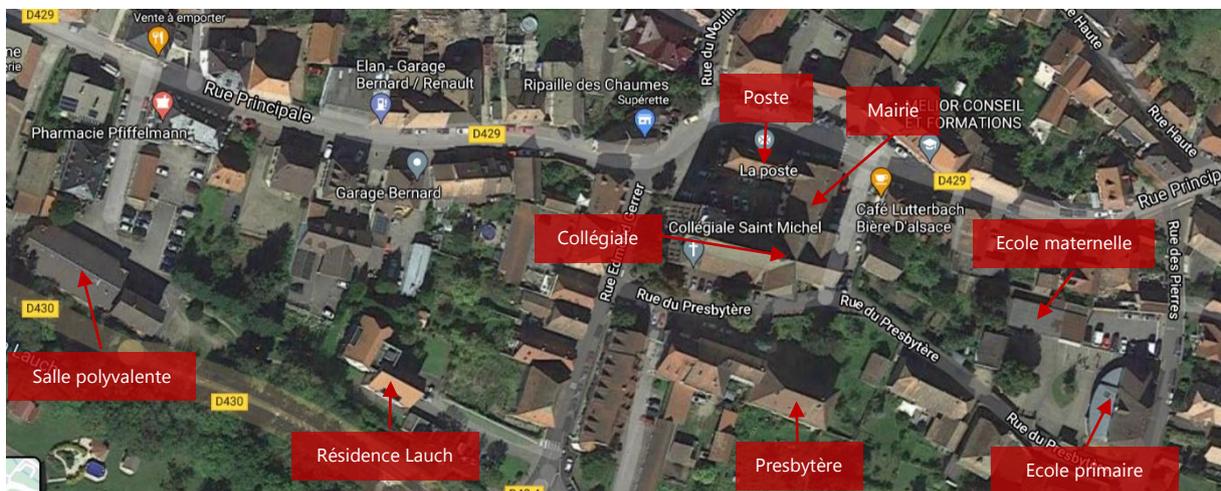


Figure 1 : Aperçu des bâtiments concernés par l'étude (source photo : Google Maps)

L'objectif de cette étude est de proposer une ou plusieurs solutions techniques pour le chauffage des différents bâtiments qui seront raccordés sur une chaufferie centrale au bois. En particulier, la pertinence du raccordement de la salle polyvalente sur le réseau de chaleur sera traitée. L'emplacement de la chaufferie centrale, son silo accolé et l'accessibilité pour les livraisons seront discutés. La rentabilité de chaque solution sera déterminée, et comparée à la situation actuelle (qui servira de référence), afin de guider le maître d'ouvrage dans son choix.

Deux réunions sur sites ont eu lieu, en présence de représentants de la Commune, du Conseiller en Energie Partagé et de l'accompagnateur de projets de la Région Grand Est, pour définir précisément les besoins et les possibilités en termes d'emplacement de la chaufferie centrale :

- 13 avril 2021
- 27 août 2021

Le présent document expose les trois grandes variantes qui ont été traitées dans l'étude de faisabilité :

- Variante A : petit réseau de chaleur (hors salle polyvalente) avec une chaufferie centrale aux plaquettes bois positionnée dans le jardin du presbytère
- Variante B : grand réseau de chaleur (avec la salle polyvalente) avec chaufferie centrale aux plaquettes bois positionnée à l'arrière de la salle polyvalente
- Variante C : traitement du remplacement de la chaudière fioul de la salle polyvalente uniquement, par une chaudière individuelle aux granulés bois ou par une pompe à chaleur réversible. Le remplacement des émetteurs de chaleur de la salle polyvalente est également considéré.

Chaque variante est comparée à une solution dite « de référence », basée ici sur le combustible gaz.

2. Etude des ressources

2.1 Ressources humaines

La chaudière au bois nécessitera un entretien et un approvisionnement régulier. Une personne devra être chargée de la surveillance et de l'exploitation de l'installation de chauffage au bois, tout comme cela est le cas actuellement pour les chaudières au gaz et au fioul de la commune. Ces tâches pourront être confiées à un ouvrier communal. La Commune de Lautenbach a actuellement deux ouvriers communaux, l'un partant en retraite dans quelques années.

Selon la chaudière bois retenue, un dépoussiérage hebdomadaire de l'échangeur de chaleur peut être nécessaire. Concernant les cendres, la fréquence de vidage du réceptacle dépend de son volume mais aussi de la puissance de la chaudière. En hiver, cela doit être fait une fois par semaine avec une chaudière à plaquettes bois.

Un suivi régulier du stock de combustible bois est nécessaire afin de déclencher le remplissage du silo (filrière d'approvisionnement interne ou commandes et livraisons par un prestataire).

Une formation d'une journée, réalisée par le fabricant de la chaudière bois, est à prévoir lors de la mise en service de l'installation.

2.2 Ressources matérielles

L'emplacement de la chaufferie centrale sera traité plus en détail au 4.3 (Implantation de l'installation). Plusieurs possibilités se présentent :

- Jardin du presbytère pour une nouvelle chaufferie et silo accolé
- Transformation de la chaufferie du presbytère
- Transformation de l'atelier communal en chaufferie
- A l'arrière de la salle polyvalente pour une nouvelle chaufferie et un silo accolé (uniquement pour la variante B grand réseau de chaleur).

L'accessibilité pour les livraisons du combustible bois est un point déterminant dans le choix, tout comme les coûts de gros œuvre.

La commune, disposant de ressources forestières, envisage la création de sa propre filière d'approvisionnement en combustible bois. Il existe une ancienne scierie à Lautenbach, dont le réemploi d'une partie du site pour le séchage et stockage de plaquettes bois peut s'envisager. Pour la variante B grand réseau de chaleur, la place disponible à l'arrière de la salle polyvalente permet d'imaginer la création d'un hangar de stockage directement à proximité du silo.

La commune pourra se mettre en relation avec les communes voisines de Linthal, Soultz et Soultzmatt, ayant également des chaudières bois, pour une mutualisation de l'approvisionnement. La présente étude ne traite pas ce point.

La commune dispose déjà d'un chargeur, et peut envisager de budgéter une petite remorque pour le transport du combustible bois.

3. Etude des besoins énergétiques

3.1 Bâtiments à étudier

Mairie et Collégiale



Figure 2 : Mairie de Lautenbach (source: Google Maps)

La mairie et la Collégiale sont chauffées par la même chaudière au gaz localisée dans le bâtiment de la mairie. Il s'agit d'une chaudière de 365 kW, de marque Buderus de 1993. Elle n'est destinée qu'au chauffage. Un ballon ECS (eau chaude sanitaire) électrique de 200 litres (2,4 kW) est installé d'autre part.



Figure 3 : Chaudière gaz et distribution dans la chaufferie de la mairie

Trois compteurs de chaleur sont installés depuis fin 2019 sur les trois circuits en chaufferie, nous permettant de connaître précisément les besoins en chauffage pour la mairie et la Collégiale. Nous avons eu accès aux relevés de ces compteurs, ainsi qu'aux factures de gaz pour l'année 2020.

Les besoins sont de 32 220 kWh/an pour la mairie et 132 050 kWh/an pour la Collégiale. Soit un total de 164 270 kWh/an et une puissance de chauffe de 230 kW pour les deux bâtiments en 2020.

Cette chaudière peut tout à fait être conservée et servir d'appoint et secours pour le réseau de chaleur.

Nous avons fait remarquer à la commune que le fournisseur gaz avait facturé en 2020 sur ce point de livraison un total de 248 850 kWh. Plusieurs éléments ont été vérifiés pour essayer d'expliquer cette différence trop importante :

- Les 3 compteurs d'énergie sont placés en chaufferie. Il y a donc peu de pertes de chaleur entre la chaudière et les points de mesures.
- Les mesures sont faites sur les 3 circuits de chauffage. Il n'y a donc pas de circuit non mesuré.
- Ces 3 compteurs sont récents (2019) donc encore parfaitement étalonnés.
- Ces 3 compteurs sont correctement posés sur les 3 circuits.
- L'entretien de la chaudière est fait tous les ans.
- Le brûleur est correctement réglé sur 300 mbar, qui est la pression de livraison du gaz sur ce point de raccordement.

Nous avons exprimé l'hypothèse que le gaz n'était pas livré à une pression constante de 300 mbar toute l'année, ce qui pourrait expliquer la différence entre les mesures et les factures. Le fournisseur de gaz a confirmé à la commune qu'il supposait que la pression était constante mais que cela n'était pas mesuré. Nous avons donc suggéré à la commune de vérifier régulièrement ce qu'il en est lors de la prochaine saison de chauffe, par une lecture sur le manomètre positionné juste avant le brûleur.

Poste et logement



Figure 4 : Poste et logement au 1er étage (source : Google Maps)

Le bâtiment de la Poste est constitué du bureau de Poste au rez-de-chaussée et d'un logement loué par la commune au 1^{er} étage. La chaufferie est au sous-sol. Elle est équipée d'une chaudière au fioul 25 kW de marque Korting de 1990, pour le chauffage et la production d'ECS via un ballon de 200 litres.

L'achat de fioul est fait par la commune, qui répartit arbitrairement les charges de chauffage à 2/3 sur la Poste et 1/3 sur le logement. La consommation en fioul nous a été fournie par la commune.

Le besoin en chauffage est de 27 000 kWh/an pour une puissance de chauffe de 25 kW pour ce bâtiment.



Figure 5 : Chaudière fioul et cuves fioul dans la chaufferie de la Poste

Presbytère



Figure 6 : Presbytère depuis rue du presbytère (gauche) et depuis rue des pierres (droite) (source : Google Maps)

Le presbytère est composé d'un logement. Il est équipé d'une chaudière individuelle au gaz pour le chauffage et la production d'ECS (ballon de 200 litres), puissance 60 kW, marque Chappée, de 1997. La chaudière est dans un état vétuste. Son remplacement est à prévoir.

Le logement ne sera plus occupé à partir de septembre 2021. La commune souhaite trouver un autre usage à ce bâtiment de 690 m². Une maison des associations, un périscolaire ou une maison des assistantes maternelles ont été mentionnés. Un tel usage est d'ores et déjà pris en compte, en termes de chauffage, dans la présente étude.

Nous avons eu accès aux factures de gaz de l'année 2020. Le besoin en chauffage est de 62 150 kWh/an pour une puissance de chauffe de 50 kW pour le presbytère.



Figure 7 : Chaudière gaz du presbytère

Ecole maternelle



Figure 8 : Ecole maternelle et sa chaudière gaz

L'école maternelle est chauffée par une chaudière au gaz, puissance 51 kW, marque Ferroli, de 1997. La production d'ECS était assurée jusqu'à mars 2021 par un chauffe-eau gaz de 200 litres tombé en panne. Il est en cours de remplacement par un chauffe-eau électrique plus petit.

La consommation en gaz nous a été fournie par la commune. Le besoin en chauffage est de 39 000 kWh/an pour une puissance de chauffe de 35 kW pour ce bâtiment.

Ecole élémentaire



Figure 9 : Ecole élémentaire et ses chaudières gaz

L'école élémentaire est chauffée par une chaudière double au gaz, puissance 2 x 22 kW, marque Chappée, de 2002. La chaufferie est localisée au 1^{er} étage du bâtiment. La production d'eau chaude sanitaire est assurée par un chauffe-eau gaz de 115 litres (7 kW) de 1996.

La consommation en gaz nous a été fournie par la commune. Le besoin en chauffage est de 36 170 kWh/an pour une puissance de chauffe de 35 kW pour ce bâtiment.

Ces deux chaudières pourront également être conservées et servir d'appoint et secours pour le réseau de chaleur.

Salle polyvalente



Figure 10 : Salle polyvalente / aperçu des aérothermes dans la salle (droite)

La salle polyvalente, aussi appelée salle de l'ancienne gare, est située à environ 250 m du cœur du village. La chaufferie en sous-sol est équipée d'une chaudière fioul, puissance 214 kW, marque Ideal Standard, de 1992, pour le chauffage et la production d'ECS via un ballon de 500 litres.

La salle est chauffée par des aérothermes placés en hauteur (cf. photo ci-dessous). Ils sont bruyants et vétustes. La commune souhaite un estimatif des travaux pour leur remplacement. Nous avons proposé à cet effet une solution de chauffage par panneaux rayonnants à suspendre au plafond. Le détail est disponible au chapitre 8 et en annexe 7.

La consommation en fioul nous a été fournie par la commune. Le besoin en chauffage est de 55 200 kWh/an pour la salle polyvalente. La puissance de chauffe nécessaire est de 150 kW avec des aérothermes, de 60 kW avec des panneaux rayonnants.



Figure 11 : Chaufferie salle polyvalente et cuves fioul

Résidence de la Lauch



Figure 12 : Résidence de la Lauch

Cette résidence est gérée par le bailleur social Habitats Haute-Alsace. Elle est composée de 10 logements privés et une salle de réunion au rez-de-chaussée mise à disposition de la commune. Chaque logement est équipé de sa propre chaudière individuelle au gaz pour le chauffage et la production d'ECS. La salle de réunion est également équipée d'une chaudière gaz. Soit 11 chaudières pour une puissance totale de 308 kW.

Ce bâtiment se trouvant sur le trajet entre le centre du village et la salle polyvalente, il a été intégré dans le périmètre de l'étude. Ci-dessous un aperçu de la proposition de tracé fait la commune.

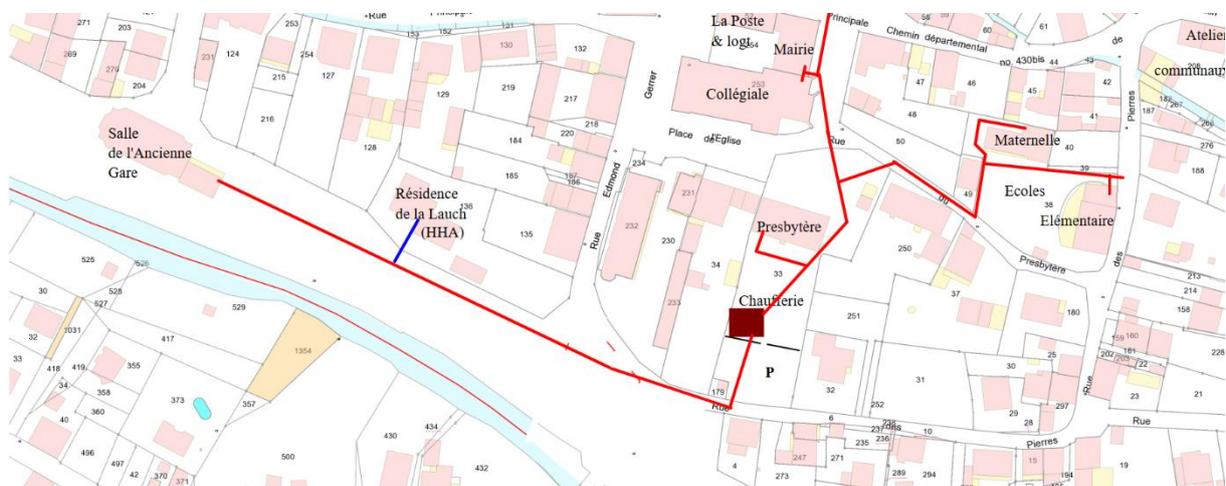


Figure 13 : Aperçu tracé réseau de chaleur par la résidence de la Lauch

Les travaux pour le raccordement au réseau de chaleur consisteraient en :

- la pose d'une sous-station avec compteur d'énergie dans chaque logement et la salle communale, soit au total 11 sous-stations

Argument en faveur de cette proposition :

- augmentation de l'énergie distribuée sur cette branche du réseau de chaleur.

Arguments en défaveur de cette proposition :

- ampleur des travaux dans la résidence
- coût des travaux et des 11 sous-stations
- coût du gaz comparable à la chaleur par chaufferie centrale bois
- contraintes supplémentaires pour la commune : gestion des contrats avec les abonnés, facturation, continuité de la livraison de chaleur, délais de dépannage à assurer 7j/7, 24h/24.

Au vu de ces éléments, il ne nous semble pas pertinent de raccorder la résidence de la Lauch sur un réseau de chaleur.

D'autres pistes ont été investiguées pour le raccordement de la salle polyvalente sur un réseau de chaleur. Elles sont détaillées au §3.2 Périmètre du réseau de chaleur.

Bilan sur l'ensemble des bâtiments étudiés

Le tableau suivant présente un récapitulatif des installations existantes en matière de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire pour les bâtiments considérés (hors résidence de la Lauch).

Pour un réseau de chaleur au cœur du village, la puissance totale de chauffe requise pour l'ensemble des bâtiments est de **350 kW**, pour des besoins en chauffage de **328 600 kWh/an** (sous-total 1 dans le tableau).

En ajoutant la salle polyvalente, la puissance totale de chauffe atteint **500 kW**, pour des besoins en chauffage de **383 800 kWh/an**.

Tableau 1 : Récapitulatif des installations de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire

Bâtiments	Installations de chauffage et production ECS existantes	Consommations 2020 (kWh/an)	Estimation rendement brûleur	Besoins chauffage (kWh/an)	Puissance chauffage (kW)	Nombre d'heures de fonctionnement /an	Surface (m ²)
Mairie Collégiale	- chaudière gaz Buderus 365 kW (1993)	35 799	90%	32 219	27	1 200	709
	- ECS : chauffe-eau électrique 200 litres 2,4 kW Pacific (1993)	146 723		132 051	220	600	779
Poste Logement	- chaudière fioul Korting 25 kW (1990) pour chauffage et ECS (ballon 200 l)	29 980	90%	26 982	13	2 000	133
Presbytère	- chaudière gaz Chappée 60 kW (1997) - ECS : chauffe-eau gaz 200 litres Chappée (1997)	69 831	89%	62 150	31	2 000	690
Ecole maternelle	- chaudière gaz Ferroli 51 kW (1997) - ECS : chauffe-eau gaz 150 litres 7,22 kW Leblanc (2012) -> en cours de remplacement par chauffe-eau électrique plus petit (2021)	42 878	91%	39 019	33	1 200	204
Ecole élémentaire	- chaudière gaz double 2x22 kW Chappée (2002) - ECS : chauffe-eau gaz 115 litres 7 kW Styx (1996)	38 478	94%	36 169	30	1 200	900
Sous-total 1		363 689		328 590	354		
Salle polyvalente	-chaudière fioul 214 kW Ideal Standard (1992) pour chauffage et ECS (ballon 500 litres)	60 000	92%	55 200	150	368	535
Sous-total 2		60 000		55 200	150		
TOTAL		423 689		383 790	504		

3.2 Périmètre du réseau de chaleur

A. Chaufferie centrale au cœur du village

La salle polyvalente étant plus éloignée du centre du village, la pertinence de la raccorder sur le réseau de chaleur est augmentée si, sur le tracé du réseau, des bâtiments supplémentaires peuvent y être raccordés. Nous avons écarté le raccordement de la résidence de la Lauch (cf. §3.1). Trois autres propositions supplémentaires ont été investiguées :

- proposition 2 : passage du réseau de chaleur dans la rue principale et raccordement de particuliers
- proposition 3 : passage du réseau dans la rue principale et rue Edmond Gerrer et raccordement des particuliers sur le réseau
- proposition 4 : raccordement de la salle polyvalente uniquement

Proposition 2 : pose du réseau dans la rue principale et raccordement des particuliers sur le réseau

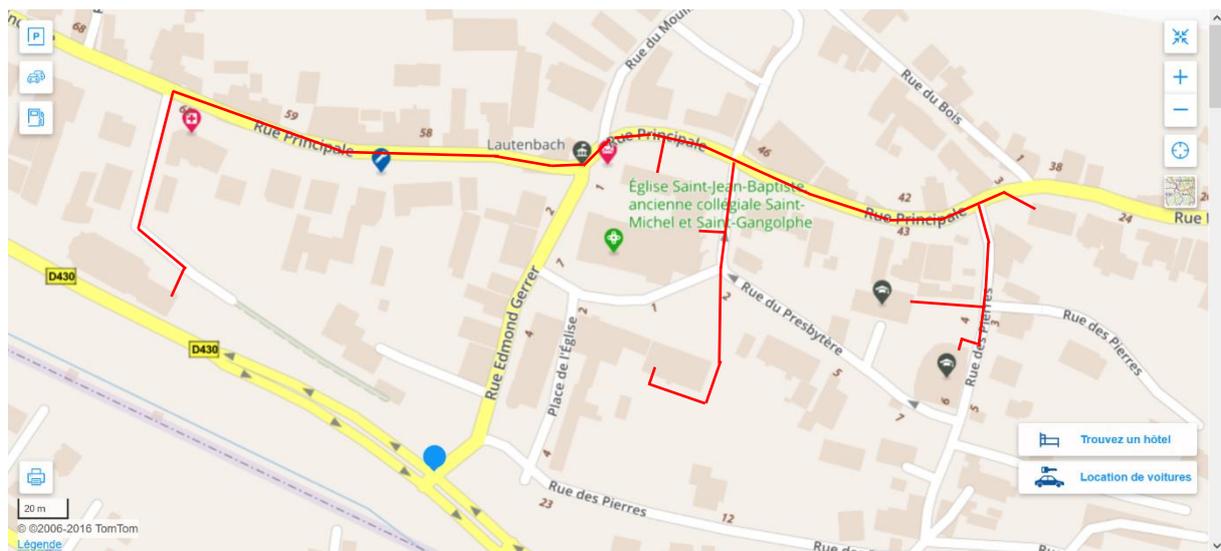


Figure 14 : Proposition 2 de tracé du réseau de chaleur dans la rue principale

Méthodologie :

Avant de lancer une concertation publique pour exposer le projet et connaître les particuliers intéressés par un raccordement sur le réseau de chaleur, nous proposons de voir d'abord le nombre de maisons raccordées sur le réseau gaz.

En effet, de notre expérience, la probabilité pour un particulier déjà raccordé au réseau gaz de basculer sur un réseau de chaleur est quasi-nulle. Ceci s'explique notamment par le faible coût du gaz.

M. Laurent, Conseiller en Energie Partagé de la commune, a pu nous fournir les informations sur le raccordement au réseau gaz pour les maisons situées sur le tracé du réseau de chaleur, à savoir du numéro 38 au numéro 71 dans la rue principale. Le détail est disponible en annexe 2.

Résultats :

Sur les 36 maisons / bâtiments communaux sur le tracé :

- 26 sont raccordés au réseau gaz (72%)
- 9 maisons/bâtiments ne sont pas raccordés au réseau gaz
- 1 maison dont nous n'avons pas d'information

Sur les 9 maisons/bâtiments non raccordés au réseau gaz :

- 3 maisons ont un **chauffage électrique**. La probabilité de raccordement au réseau de chaleur est quasi-nulle, les travaux de transformation dans les maisons étant trop importants (nécessité de créer un circuit de chauffage en eau).
- 1 maison avec **cheminée bois** et distribution par air chaud. Comme il n'y a pas de circuit de chauffage en eau, la probabilité de raccordement au réseau de chaleur est quasi-nulle.
- 1 maison avec **poêle à bois**
- 2 maisons équipées de **pompes à chaleur**, dont 1 avec chaudière fioul et fourneau bois
- La Poste et la salle polyvalente au **fioul**

En conclusion, la grande majorité des maisons est raccordée au réseau gaz. A part les bâtiments communaux (Poste et salle polyvalente), il n'y a pas de maison encore chauffée au fioul, ce qui est le cas le plus probable de raccordement au réseau de chaleur. En plus des bâtiments communaux, peut-être 3 propriétaires pourraient éventuellement être intéressés par le raccordement au réseau de chaleur bien qu'il semble que le remplacement du chauffage a déjà été fait (bois et pompe à chaleur).

Au vu de ces résultats, le passage par la rue principale et le raccordement de particuliers au réseau de chaleur n'est pas une proposition pertinente.

Proposition 3 : pose du réseau dans la rue principale et rue Edmond Gerrer et raccordement des particuliers sur le réseau

Nous avons demandé à M. Laurent d'investiguer également la rue Edmond Gerrer, pour un passage du réseau de chaleur comme spécifié ci-dessous.

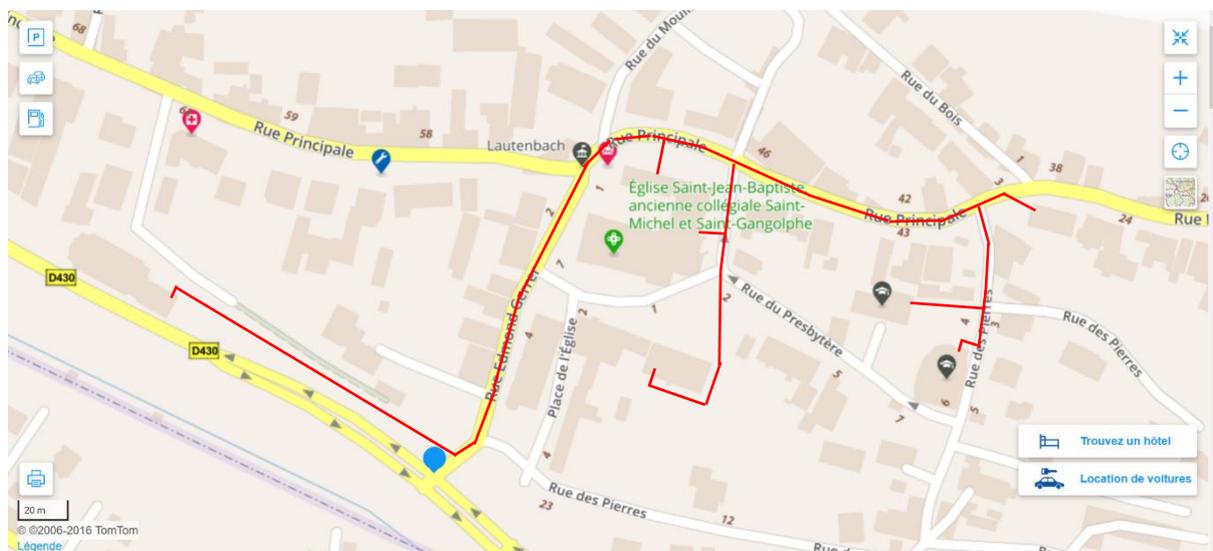


Figure 15: Proposition 3 de tracé du réseau de chaleur dans la rue principale et rue Edmond Gerrer

Résultats :

Sur les 7 maisons de la rue Edmond Gerrer :

- 5 maisons sont raccordées au réseau gaz, donc inintéressantes pour le réseau de chaleur
- 1 maison est chauffée électriquement, donc inintéressante pour le réseau de chaleur
- 1 maison seulement (n°4 rue Edmond Gerrer) est chauffée au fioul, donc susceptible d'être raccordée au réseau de chaleur

Pour cette proposition également nous devons conclure que le raccordement de particuliers n'est pas pertinent.

Proposition 4 : raccordement de la salle polyvalente uniquement

Le raccordement de la salle polyvalente uniquement est-il pertinent, vu la longueur du réseau de chaleur et des pertes thermiques sur ce tronçon ? La proposition de tracé est donnée ci-dessous, en orange l'extension dédiée à la salle polyvalente.

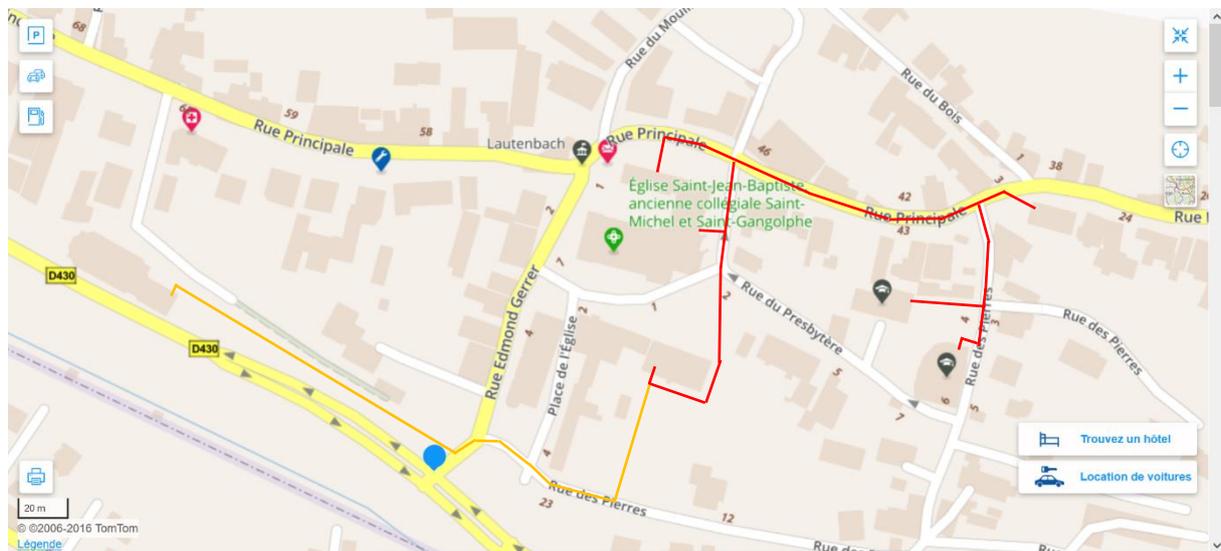


Figure 16 : Proposition 4 de tracé du réseau de chaleur (extension jusqu'à la salle polyvalente en orange)

Calcul de la densité énergétique sur le tronçon entre presbytère et salle polyvalente :

Afin d'estimer la rentabilité de la création de ce tronçon de réseau de chaleur, nous avons calculé la densité énergétique du tronçon. Il s'agit du ratio entre l'énergie distribuée sur une branche du réseau et la longueur de cette branche. Les pertes de chaleur sur le réseau sont pleinement intégrées dans ce calcul. Une densité énergétique comprise entre 1 et 3 MWh/ml est préconisée pour un réseau rural de petite puissance (source : Ademe).

Le tableau suivant présente la densité énergétique calculée sur le tronçon vers la salle polyvalente. Le calcul est fait pour deux modes de chauffage, à savoir avec la soufflerie actuelle (puissance de chauffe nécessaire 150 kW) et avec son remplacement par des panneaux rayonnants (puissance de chauffe nécessaire 60 kW). Nous arrivons à une densité énergétique de 0,27 MWh/ml, ceci pour les deux modes de chauffage. La densité énergétique sur ce tronçon est trop basse. La création du tronçon jusqu'à la salle polyvalente n'est donc pas pertinente.

Tableau 2 : Calcul de la densité énergétique sur le tronçon vers la salle polyvalente

	Longueur trace (ml)			Puissance (kW)	Besoins (MWh/an)	Puissance tronçon (kW)	Conduites réseau		Pertes à 80°C		total énergie distribuée (MWh/an)	densité énergétique (MWh/ml)
	mesuré	marge	total				diamètre	type	unitaires (W/m)	totales (MWh/a n)		
panneaux rayonnants	260	5	265	60	55,2	60	DN 32	duo	11,16	14,91	70,11	0,265
soufflerie actuelle	260	5	265	150	55,2	150	DN 50	duo	12,46	16,64	71,84	0,271

Une variante « grand réseau de chaleur » avec la chaufferie centrale au cœur du village et incluant la salle est donc écartée de l'étude de faisabilité pour les motifs cités précédemment.

La variante A se concentrera donc uniquement sur les bâtiments au cœur du village, raccordés sur un « petit réseau de chaleur ». La chaufferie centrale sera positionnée au cœur du village.

B. Chaufferie centrale derrière la salle polyvalente

L'espace disponible derrière la salle polyvalente permet d'envisager la construction d'une chaufferie bois et de son silo accolé, de même qu'un futur hangar de séchage de plaquettes bois dans le cas où la commune crée sa propre filière d'approvisionnement.

Si la chaufferie centrale est excentrée, cela permet tout de même d'y raccorder tous les bâtiments, dont la salle polyvalente, tout en ayant une densité énergétique acceptable (détails au §4.4 Réseau de chaleur).

Ceci constitue la variante B « grand réseau de chaleur » de cette étude.

C. Chauffage individuel de la salle polyvalente

L'étude traitera également du remplacement de la chaudière fioul de la salle polyvalente par une chaudière individuelle bois, ainsi que le remplacement de la soufflerie par des panneaux rayonnants.

Même si la commune souhaite montrer sa propre filière d'approvisionnement plaquettes forestières, il nous semble plus pertinent de proposer pour la chaudière individuelle de la salle polyvalente une chaudière aux granulés bois. En effet :

- une chaudière aux granulés bois est plus adaptée pour une montée en température rapide, ce qui est judicieux pour un bâtiment occupé ponctuellement
- l'investissement pour une chaudière aux granulés bois est moindre que pour une chaudière aux plaquettes bois,
- le silo pour les granulés bois est un silo textile posé dans la cave du bâtiment, là où le silo pour les plaquettes est enterré à côté du bâtiment, soit également une économie sur le gros œuvre.

D'autre part, nous étudierons les coûts pour le remplacement de la chaudière fioul par une pompe à chaleur réversible. Celle-ci présente l'avantage d'une fonction supplémentaire de rafraîchissement de la salle en période estivale.

Ceci fait l'objet des variantes C (variante bois C et variante PAC réversible C). Le détail pour la salle polyvalente est au chapitre 8.

4. Etude de dimensionnement

4.1 Calcul de la puissance nécessaire en chaufferie

L'état des lieux des besoins énergétiques et l'estimation du nombre d'heures de fonctionnement des installations de chauffage à pleine puissance pour les différents bâtiments nous amène à une puissance de chauffe cumulée de (cf. Tableau 1) :

- 350 kW pour la variante A
- 500 kW pour la variante B.

Dans le tableau suivant, sont indiquées les puissances préconisées des échangeurs de chaleur à plaques pour chaque bâtiment. La puissance totale requise pour l'ensemble des bâtiments est de :

- 375 kW pour la variante A
- 455 kW pour la variante B.

Nous pouvons prendre en compte un facteur de simultanéité. En effet, les deux écoles et la mairie auront des besoins en chauffage sur la semaine (et réduits le week-end). Pour la Collégiale, les besoins en chauffage sont concentrés sur la fin de semaine (et réduits en semaine). Les 150 kW de puissance de chauffe de la Collégiale ne seront donc nécessaires que les week-ends, lorsque les écoles et la mairie seront en chauffage réduit. La puissance de chauffe de ces trois bâtiments est de 150 kW. Nous réduisons donc d'autant la puissance totale, et arrivons à :

- **Variante A : puissance totale nécessaire en chaufferie 225 kW**
- **Variante B : puissance totale nécessaire en chaufferie 305 kW.**

Tableau 3 : Puissances des échangeurs de chaleur

Bâtiment	Puissance échangeur de chaleur
Mairie et Collégiale	230 kW (dont 80 kW pour la mairie et 150 kW pour la Collégiale)
Poste et logement	25 kW
Presbytère	50 kW
Ecole maternelle	35 kW
Ecole élémentaire	35 kW
TOTAL variante A	375 kW
Salle polyvalente	80 kW
TOTAL variante B	455 kW

4.2 Calcul de la puissance à installer en bois et de l'appoint secours

La chaufferie centrale au bois sera dédiée au chauffage uniquement.

Pour l'eau chaude sanitaire, nous préconisons une production découplée de la chaudière bois. Ceci évitera de laisser en service le réseau de chaleur et la chaudière bois en période estivale pour la seule production d'eau chaude sanitaire (pertes importantes de chaleur sur le réseau).

Production d'ECS pour le bâtiment de la Poste avec logement, le presbytère pour son usage futur, et la salle polyvalente :

Nous préconisons la mise en place de pompes à chaleur thermodynamiques air/eau individuelles, d'une capacité de 300 litres, et équipées d'un échangeur de chaleur raccordé sur le réseau de chaleur. Ainsi la production d'ECS est réalisée par la pompe à chaleur (PAC) thermodynamique uniquement en période estivale (chaudière bois à l'arrêt), et uniquement par le réseau de chaleur en période hivernale (chaudière bois en fonctionnement).

Production d'ECS pour les autres bâtiments :

- Par chauffe-eaux électriques individuels déjà en place à la mairie et à l'école maternelle
- Par chauffe-eau gaz individuel déjà en place à l'école élémentaire

Pour la variante A « petit réseau de chaleur », comme indiqué précédemment, la puissance nécessaire en chaufferie centrale est de 225 kW. La puissance disponible directement supérieure pour une chaudière pour plaquettes de bois est de 250 kW. **La chaudière bois aura donc une puissance de 250 kW dans la variante A.**

Pour la variante B « grand réseau de chaleur », la puissance nécessaire en chaufferie centrale est de 305 kW. **La chaudière bois aura donc une puissance de 300 kW dans la variante B.**

Nous proposons l'ajout de ballons à accumulation dans la chaufferie centrale (2000 litres pour la variante A, 4000 litres pour la variante B). Ils permettent un apport de puissance supplémentaire sur le réseau de chaleur lors des fortes demandes (typiquement en début de matinée). Ces ballons seront chargés par la chaudière bois lorsque la demande en chaleur est réduite (typiquement la nuit).

Pour l'appoint/secours, les chaudières gaz actuellement en place à la mairie et à l'école élémentaire seront conservées. La puissance totale en appoint/secours est donc de 409 kW (365 kW à la mairie, 44 kW à l'école élémentaire) et couvre la totalité de la puissance nécessaire sur le réseau de chaleur.

Ces chaudières d'appoint et de secours sont raccordées sur le côté primaire du réseau de chaleur. Elles permettent d'injecter de la chaleur sur le réseau et d'alimenter ainsi tous les bâtiments raccordés sur le réseau. Elles serviront d'appoint à la chaudière bois lors des journées les plus froides de l'année, et de secours en cas de panne de la chaudière bois.

La couverture des besoins en chauffage sera assurée :

- à 95% par la chaudière bois,
- à 5% par les chaudières gaz d'appoint.

4.3 Implantation de l'installation

La commune n'a pas de projet de construction neuve dans les prochaines années, projet auquel la chaufferie centrale au bois aurait pu être accolée, avec mutualisation d'une partie des coûts de construction.

A. Chaufferie centrale au cœur du village

Plusieurs possibilités ont été envisagées pour l'implantation de la chaufferie centrale au cœur du village :

1. transformation de la chaufferie du presbytère en chaufferie centrale et création d'un silo dans le jardin
2. implantation de la chaufferie centrale et du silo dans le jardin du presbytère
3. transformation de l'atelier communal en chaufferie centrale et silo

Les avantages et inconvénients de chaque solution sont présentés dans le tableau ci-après.

Tableau 4 : Emplacements possibles pour la chaufferie centrale et le silo

	Avantages	Inconvénients
1. transformation de la chaufferie du presbytère en chaufferie centrale et création d'un silo dans le jardin	<ul style="list-style-type: none"> - réutilisation d'une chaufferie existante - espace disponible pour le silo, accessibilité aisée pour livraison - grande capacité du silo, livraisons avec remorque de 90 m³ à fond mouvant possible - emplacement central 	<ul style="list-style-type: none"> - dans le périmètre de protection des monuments historiques - nécessite la création d'une voie d'accès depuis le parking jusqu'au silo pour les livraisons, disparition d'une partie de la surface du jardin - nécessite une très longue vis (environ 9 m) entre le silo et la chaudière bois pour y amener le combustible. Il s'agirait d'une pièce réalisée sur mesure. - nécessité d'un mur de soutènement car il n'y a pas de cave au presbytère - coûts importants pour le gros œuvre

<p>2A. implantation de la chaufferie centrale et du silo dans le jardin du presbytère -> deux garages préfabriqués transformés en chaufferie et silo</p>	<ul style="list-style-type: none"> - coûts réduits pour le gros œuvre - positionnement du côté du parking, accessibilité aisée pour livraisons, ne nécessite pas de création d'une voie d'accès dans le jardin, uniquement une plateforme devant le silo - emplacement central 	<ul style="list-style-type: none"> - livraison plaquettes bois devant le silo, nécessite du temps de main d'œuvre d'un ouvrier communal et un chargeur pour pousser les plaquettes bois dans le silo après la livraison - dans le périmètre de protection des monuments historiques
<p>2B. implantation de la chaufferie centrale et du silo dans le jardin du presbytère -> silo enterré pour livraison par charges de 90 m³</p>	<ul style="list-style-type: none"> - livraisons plaquettes bois directement dans le silo - positionnement du côté du parking, accessibilité aisée pour livraison, ne nécessite pas de création d'une voie d'accès dans le jardin - emplacement central 	<ul style="list-style-type: none"> - coût du gros œuvre - surcoût étanchéité silo car nappe à une profondeur d'environ 2 m - dans le périmètre de protection des monuments historiques
<p>3. transformation de l'atelier communal en chaufferie centrale et silo</p>	<ul style="list-style-type: none"> - réutilisation d'un bâtiment existant pour chaufferie et silo - espace disponible pour le silo - coûts réduits pour le gros œuvre 	<ul style="list-style-type: none"> - déménagement de l'atelier communal envisagé mais non acté, aucune date annoncée - dans le périmètre de protection des monuments historiques - livraisons par petites charges uniquement, car impossibilité d'accéder avec remorque 90 m³ sur le terrain - livraison plaquettes bois devant le silo, nécessite du temps de main d'œuvre d'un ouvrier communal et un chargeur pour pousser les plaquettes bois dans le silo après la livraison

Considérant ces éléments, nous estimons que la solution la plus optimale pour la commune de Lautenbach est l'implantation de la chaufferie et du silo dans le jardin du presbytère. Un travail avec l'Architecte des Bâtiments de France sera nécessaire au phase Avant-Projet pour définir précisément les matériaux, couleurs pour la cheminée, formes de toitures, habillages de murs autorisés dans le secteur.

Le choix du silo le plus approprié est traité au §5.3 (Schémas d'organisation de l'approvisionnement et mobilisation du combustible, solutions préconisées), où nous mettons en regard les coûts des deux types de silo (garage préfabriqué ou silo enterré) et les coûts du combustible bois selon le mode de livraison possible. Des aperçus de l'aspect de la chaufferie et du silo accolé sont disponibles en annexe 5 (garages préfabriqués) et annexe 6 (silo enterré).

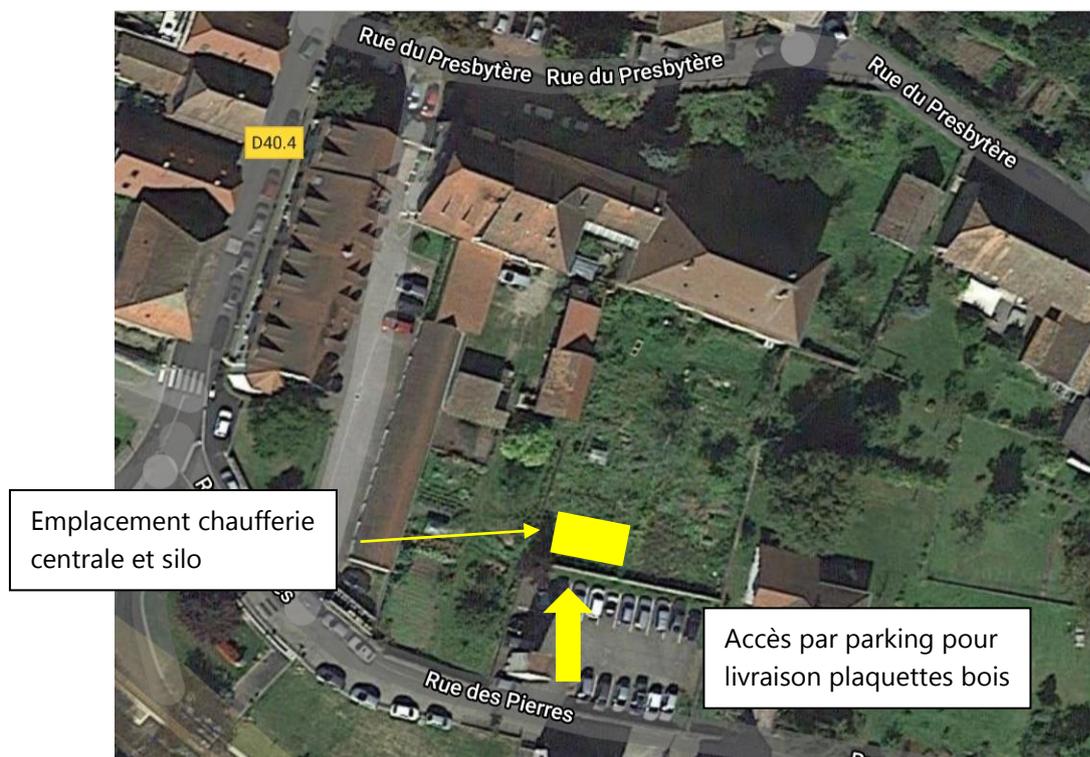


Figure 17 : Variante A : emplacement retenu pour la chaufferie centrale et le silo (source : Google Maps)

B. Chaufferie centrale derrière la salle polyvalente

L'emplacement derrière la salle polyvalente présente l'avantage d'un espace disponible suffisant pour une chaufferie et son silo. La chaufferie pourra être positionnée à proximité du bâtiment. L'accès avec une remorque de 90 m³ pour les livraisons peut se faire depuis la route départementale (cf. figure suivante).

Enfin, cet espace offre la possibilité de construire à l'avenir sur l'ancien terrain de tennis un hangar pour le séchage des plaquettes bois dans le cas où la commune monte sa filière interne d'approvisionnement. Le hangar étant à proximité immédiate du silo, le remplissage du silo avec un chargeur en sera d'autant plus aisé.

L'espace parking actuel sera en grande partie conservé avec ces aménagements.

Il est à noter que cette localisation est également située dans le périmètre de protection des monuments historiques.



Figure 18: Variante B : emplacement retenu pour la chaufferie centrale et le silo (source : Google Maps)

4.4 Réseau de chaleur

A. Variante A petit réseau de chaleur

Pour la mise en réseau de chaleur de tous les bâtiments considérés dans la variante A, nous proposons la configuration donnée ci-après. Le tracé du réseau de chaleur sur plan est donné figure 19. La figure 20 est un tracé schématique du réseau de chaleur, avec les longueurs de tranchées à réaliser, les besoins en chaleur et les puissances requises dans chaque bâtiment. Le réseau sera constitué d'une conduite double efficacement isolée. Le fluide caloporteur est l'eau. La longueur totale du réseau de chaleur est d'environ 350 m.



Figure 19 : Variante A : tracé du réseau de chaleur

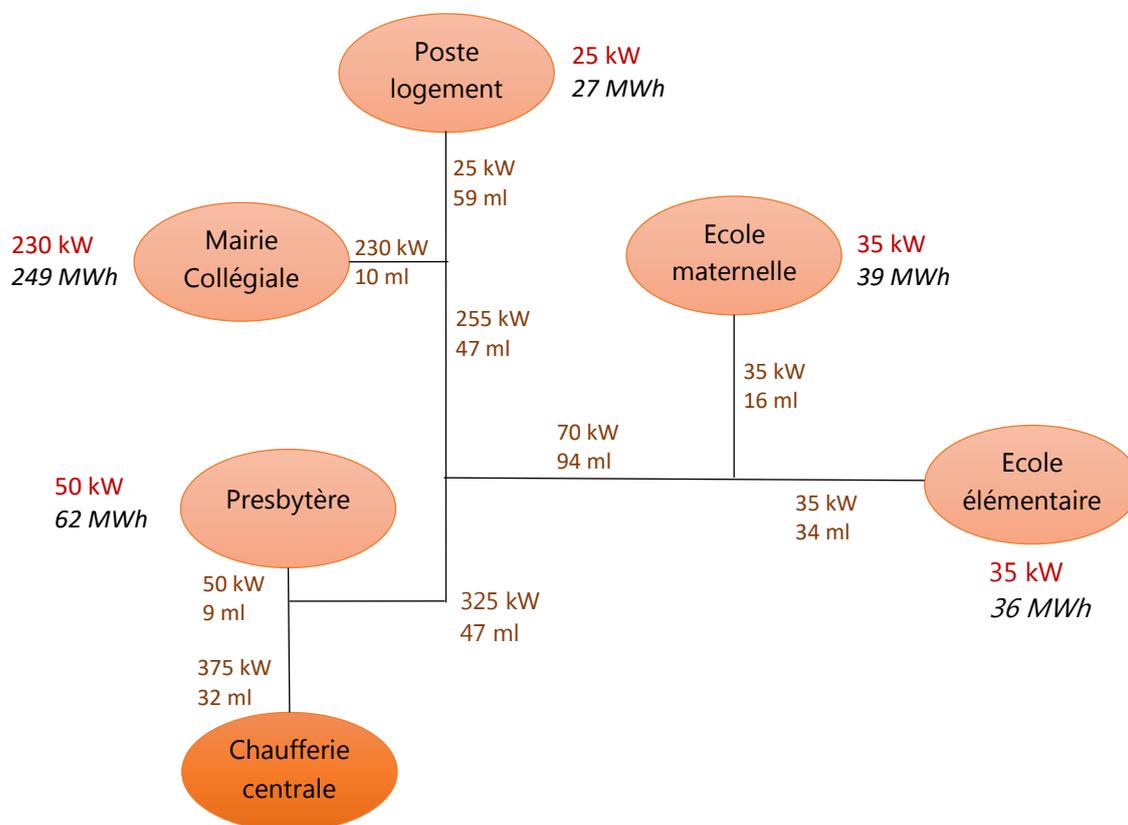


Figure 20 : Variante A : tracé schématique du réseau de chaleur

Le calcul de la densité énergétique est donné dans le tableau suivant. Elle est satisfaisante pour chaque tronçon du réseau de chaleur, hormis le dernier tronçon pour le raccordement du bâtiment de la Poste pour laquelle elle n'est que de 0,5 MWh/ml. Une densité énergétique comprise entre 1 et 3 MWh/ml est préconisée pour un réseau rural de petite puissance (source : Ademe). La densité énergétique moyenne est de 1,01 MWh/ml.

Les pertes sur l'ensemble du réseau de chaleur s'élèvent à 21,3 MWh/an, ce qui représente 6,5 % des besoins en chaleur sur le réseau.

Tableau 5 : Variante A : densité énergétique du réseau

Tronçon	Bâtiments	Longueur réseau (m)	Besoins (MWh/an)	Pertes (MWh/an)	Total énergie distribuée (MWh/an)	Densité énergétique (MWh/ml)
A1		32		2,74	349,89	10,934
A2	presbytère	9	62,15	0,45	62,60	6,956
A3		47		4,03	284,54	6,054
B4		47		2,95	197,51	4,202
B5	mairie/collégiale	10	164,27	0,63	164,90	16,490
B6	poste/lgt	59	26,98	2,68	29,66	0,503
C7		94		5,29	83,00	0,883
C8	maternelle	16	39,02	0,81	39,83	2,489
C9	élémentaire	34	36,17	1,72	37,89	1,114
		348	328,59	21,30	349,89	1,01

B. Variante B grand réseau de chaleur

Le tracé du grand réseau de chaleur est disponible dans les figures suivantes. Le passage par la rue Edmond Gerrer et la rue du Presbytère (cf. figure 22) a la préférence de la commune par rapport au passage par le jardin du Presbytère (cf. figure 23). Le passage par les rues présente un surcoût estimé à 7000 € HT pour la pose sous voirie.

La longueur totale du réseau de chaleur est d'environ 640 m.



Figure 21 : Variante B : tracé du réseau de chaleur

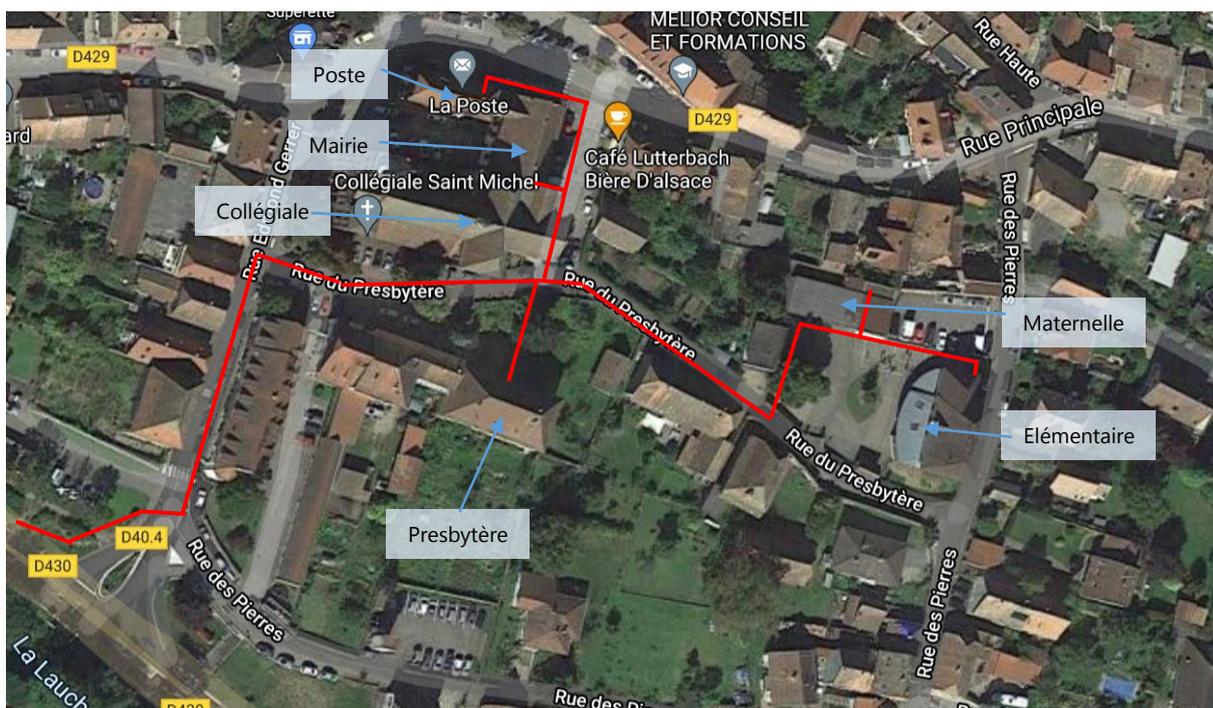


Figure 22 : Variante B : tracé du réseau de chaleur (suite) par rue Edmond Gerrer et rue du Presbytère

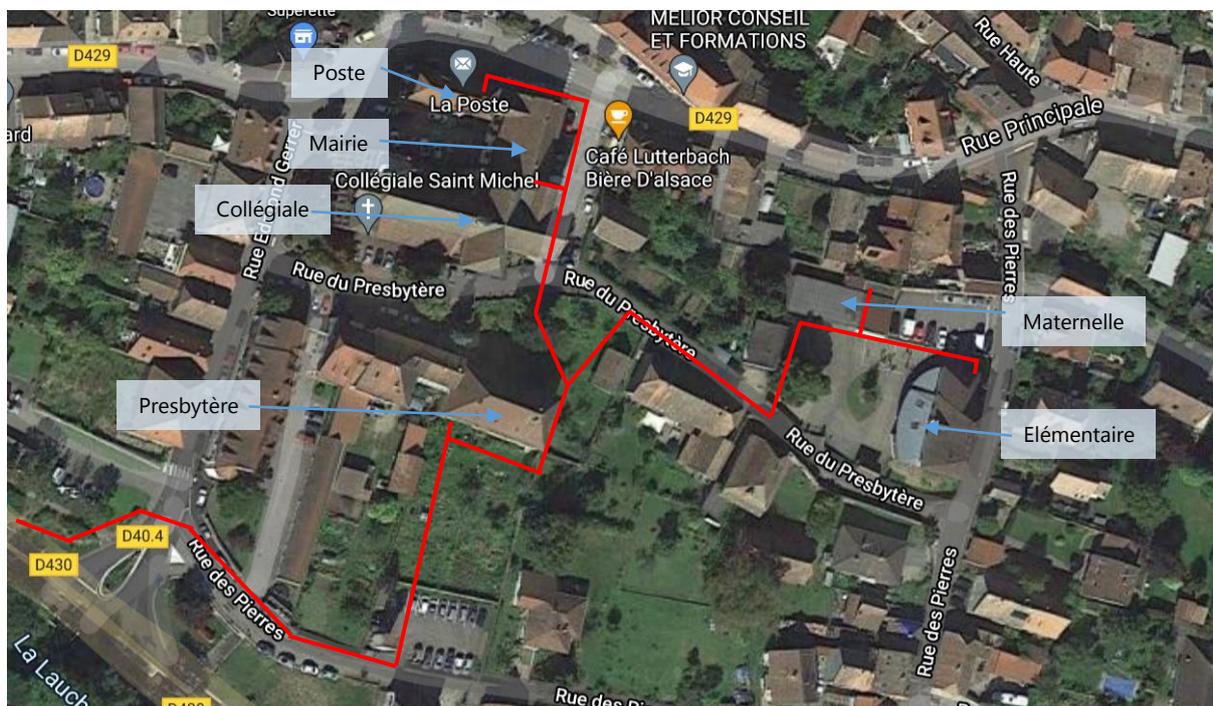


Figure 23 : Variante B : tracé du réseau de chaleur (suite) par jardin du Presbytère

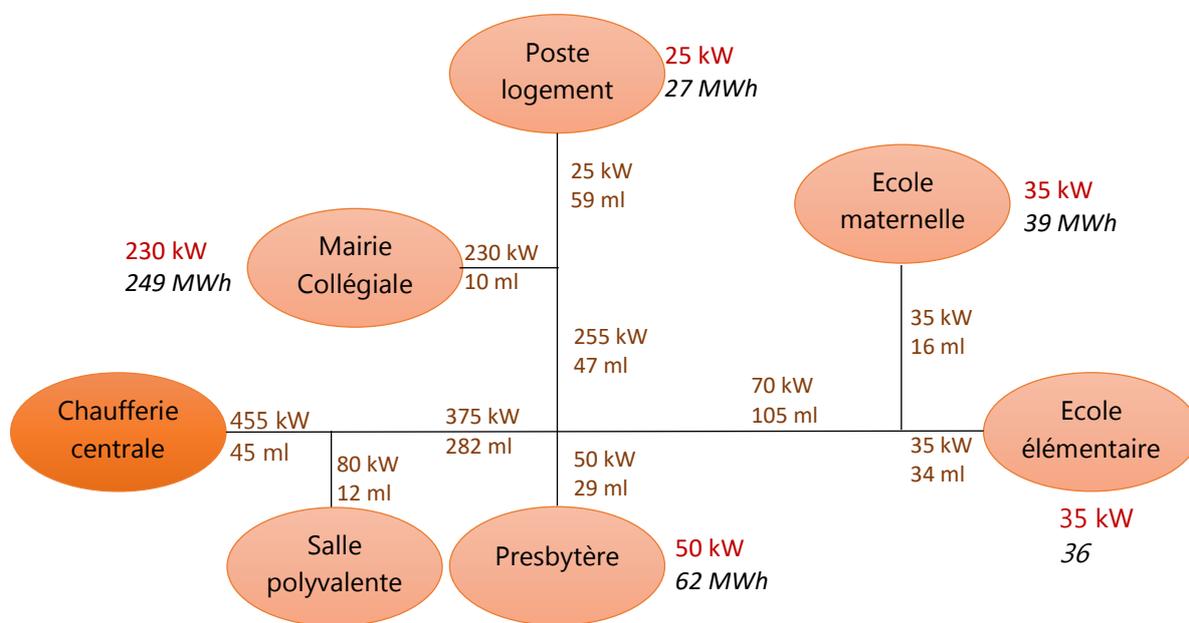


Figure 24 : Variante B : tracé schématique du réseau de chaleur

La densité énergétique du réseau de chaleur dans sa variante B est satisfaisante pour chaque tronçon du réseau, hormis le bâtiment de la Poste comme précédemment. La densité énergétique moyenne est de 0,67 MWh/ml.

Les pertes de chaleur dans la variante B du réseau s'élèvent à 44,82 MWh/an, ce qui représente 11,7% des besoins en chaleur sur le grand réseau de chaleur.

Tableau 6 : Variante B : densité énergétique du réseau

Tronçon	Bâtiments	Longueur trace (m)	Besoins (MWh/an)	Pertes à 80°C	total énergie distribuée (MWh/an)	densité énergétique (MWh/ml)
		total		totales (MWh/an)		
A1		45		3,86	428,61	9,525
A2	salle polyvalente	12	55,20	0,64	55,84	4,653
B1		282		24,18	394,48	1,399
B2	presbytère	29	62,15	1,46	63,61	2,194
C1		47		2,95	197,51	4,202
C2	mairie/collégiale	10	164,27	0,63	164,90	16,490
C3	poste/lgt	59	26,98	2,68	29,66	0,503
D1		105		5,91	83,62	0,796
D2	maternelle	16	39,02	0,81	39,83	2,489
D3	élémentaire	34	36,17	1,72	37,89	1,114
		639	383,79	44,82	428,61	0,67

5. Etude de l'approvisionnement bois

5.1 Détermination et caractérisation des gisements en plaquettes bois

La plaquette bois est fabriquée à partir de :

- résidus d'exploitation forestière (plaquette forestière),
- produits connexes de l'industrie du bois (plaquette de scierie).

La longueur des plaquettes est généralement inférieure à 6 cm. Elles sont commercialisées en MAP (mètre cube apparent). On précise en général le taux d'humidité dans les contrats d'approvisionnement. Les chaudières fonctionnent habituellement avec des plaquettes sèches (environ 30% d'humidité). Les chaudières de forte puissance peuvent brûler du bois avec un taux d'humidité supérieur.

Caractéristiques des plaquettes :

- humidité du brut : 20 à 30%
- masse volumique : 200 à 300 kg/MAP
- PCI : 3,3 à 3,9 kWh/kg
650 à 950 kWh/MAP

Le maître d'ouvrage dispose de ressources forestières. Le besoin annuel en plaquettes bois s'élève à :

- **Variante A : environ 460 m³**
- **Variante B : environ 565 m³.**

Cette partie de l'étude traite de la mise en place d'une filière interne et fait un état des gisements en plaquettes bois sèches disponibles à l'achat dans les environs de Lautenbach.

Filière interne

M. Hecky, Maire de Lautenbach, souhaite vivement mettre en place une filière interne de production de plaquettes forestières pour alimenter la chaufferie centrale.

Ressources : Mme Julie Ritter, l'agent de triage ONF pour la commune de Lautenbach, a été contactée dans le cadre de cette étude. Elle nous a indiqué qu'il ne devrait pas y avoir de problème d'approvisionnement pour 500 m³ apparents de plaquettes bois par année avec la forêt communale de Lautenbach. Et qu'au besoin, ceci peut être complété avec la forêt domaniale de Guebwiller voisine.

Séchage : Le séchage des plaquettes est un point important. En effet, elles doivent avoir un taux d'humidité de 25-30 % pour leur introduction dans la chaudière. Ceci nécessite un séchage de 6 à 8 mois sous hangar. M. le Maire va se rapprocher des propriétaires de l'ancienne scierie de Lautenbach afin de voir comment le site pourrait être réexploité dans le cadre d'une filière interne plaquettes bois. La location du hangar de stockage par la commune est une piste à envisager.

Transport et broyage : Le transport du bois jusqu'au site de stockage, puis son broyage en plaquettes est à organiser. Le broyage peut être envisagé en prestation de service. Selon le broyeur utilisé, le prestataire peut broyer en moyenne 80 m³ de plaquettes dans l'heure. Tarif du prestataire de l'ordre de 400 € HT / heure.

Pour la variante A, le broyage représente environ 6 heures de prestation à un coût de 2 400 € HT chaque année. Pour la variante B, il représente environ 7 heures de prestation à un coût de 2 800 € HT chaque année.

Transport vers chaufferie : Le transport de plaquettes sèches jusqu'au silo de la chaufferie centrale est aussi à organiser par la commune. Au niveau de l'équipement, si la commune dispose déjà d'un chargeur, ceci nécessite de le compléter par une petite remorque. Au niveau main d'œuvre, un ouvrier communal devra s'occuper du transport entre le site de stockage et la chaufferie. Lors des journées les plus froides en hiver, cela devra être deux à trois fois par semaine. La commune nous a indiqué qu'une telle solution leur convenait.

Mise en place d'une filière interne avec des communes voisines : La commune de Lautenbach prévoit de se mettre en relation avec les communes voisines de Linthal, Sultz et Sultzmatt pour la création d'une filière de production de plaquettes forestières. Ce point est hors cadre de la présente étude.

Fournisseurs

L'étude prend en compte l'achat de plaquettes bois auprès de fournisseurs. C'est cette configuration qui est considérée dans la partie économique de l'étude.

Equipements possibles pour livraison : Deux types de livraisons sont envisageables, selon le silo prévu. Les contacts avec les fournisseurs nous a permis d'appréhender la différence de prix sur ces deux modes de livraison (cf. tableau ci-après).

1. Silo dans un garage préfabriqué : La livraison se fait devant le silo. Les fournisseurs peuvent livrer en camion-benne ou remorque à fond mouvant ou fond poussant. Les charges livrées sont de **30 m³** par livraison. L'employé communal devra ensuite pousser les plaquettes dans le silo avec le chargeur. Photo pour l'aperçu de cette solution ci-après. Temps de main d'œuvre : 1 heure par livraison ; respectivement 16 et 19 livraisons sont à prévoir dans l'année pour les variantes A et B. Pour la période la plus froide de l'hiver, deux livraisons par semaine sont à prévoir.
2. Silo enterré : Les livraisons se font en remorque à fond mouvant ou fond poussant. Les charges de **90 m³** sont directement livrées dans le silo.



Figure 25 : Transfert des plaquettes bois, livrées devant le silo, dans le silo avec un chargeur

Liste des fournisseurs de plaquettes bois identifiés aux alentours de Lautenbach (parmi la liste des distributeurs disponible sur le site internet Alsace Combustible Bois Naturel) :

Structure	Adresse	Téléphone	Email	Distance (km)
ONF Energie	7 rue du Château d'Eau 68 126 Bennwihr Gare	06 82 99 96 31	onf-energie.alsace@onf.fr	44
Sundgau Compost SARL	1, route de Ruederbach 68560 HIRSINGUE	03 89 40 50 78	commerce@agrivalor.eu	53
Kretz SAS	9 rue Zorn de Bulach 67150 Osthouse	03 88 98 03 08	kretz.forest@free.fr	84

Tableau 7 : Liste des fournisseurs de plaquettes bois aux alentours de Lautenbach

Le fournisseur Kretz SAS nous a indiqué avoir transmis notre demande à un confrère du Haut-Rhin, l'entreprise Bois Energies, dont nous n'avons pas pu avoir d'éléments durant la préparation de l'étude.

Le tableau suivant présente une synthèse comparative des ressources en plaquettes bois des fournisseurs identifiés. Les données sont celles indiquées par les fournisseurs au mois de juin 2021.

Fournisseur	ONF Energie	Sundgau Compost SARL
Provenance	Alsace	40 km autour de Hirsingue
Nature (plaquette forestière, bois d'industrie ...)	plaquettes forestières	plaquettes forestières
Taux d'humidité sur brut (%)	Entre 25 et 30%	max. 30%
Granulométrie (mm)	P45	P50
Masse volumique (kg/MAP)	(250 kg/m ³)	(250 kg/m ³)
PCI (kWh/kg)	3,36	
Prix HT :		
- Livraison 30 m ³	en caisson 30 m ³ 111 €/To	benne ampliroll 105 €/To (26,25 €/m ³)
- livraison fond mouvant 90 m ³	99 €/To	95 €/To (23,25 €/m ³)
TVA appliquée	10 %	10 %
Délai de livraison		24 heures

Tableau 8 : Synthèse comparative des ressources en plaquettes bois disponibles

5.2 Détermination et caractérisation des gisements en granulés bois

Comme présenté au chapitre 3, nous préconisons une chaudière aux granulés bois pour la salle polyvalente. A cet effet, nous avons contacté des fournisseurs locaux en granulés bois.

Le combustible pour les chaudières automatiques aux granulés de bois sont les granulés (ou pellets). Les granulés sont fabriqués à partir de sciure de bois compressée. Aucun additif n'est ajouté. Les granulés se présentent sous forme de petits cylindres d'un diamètre de 6 à 12 mm et d'une longueur moyenne de 20 mm. Ils peuvent être livrés en petite quantité (sacs de 15 à 30 kg) ou en vrac par camion souffleur pour remplir le silo.

Les granulés de bois doivent répondre aux normes ITEBE (Institut des Bioénergies) suivantes ou à la norme DIN+.

Les besoins pour la salle polyvalente de Lautenbach s'élèvent à environ **13 tonnes de granulés bois** dans l'année.

Paramètres	Unités	Norme ITEBE pour chaudière automatique à partir de 70 kW	Norme DIN+
Longueur (90% en masse)	mm	10 à 50	5 x diamètre
Diamètre	mm	6 à 16	4 à 10
Taux d'humidité brut	%	≤ 15	≤ 10
Masse volumique apparente	kg/m ³	> 650	
Densité		> 1,15	≥ 1,12
PCI brut	kWh/kg	> 4,7	> 5,0
Teneur en cendres sur sec	%	≤ 3	≤ 0,50
Teneur en chlore (Cl)	%/sec	< 0,07	≤ 0,02
Teneur en soufre (S)	%/sec	< 0,10	≤ 0,04
Teneur en azote (N)	%/sec	≤ 0,50	≤ 0,30
Teneur en liants naturels (amidon, mélasse, huile végétale) sur sec	%	affichage obligatoire de la nature et de la teneur limitée à 2 %	≤ 2

Tableau 9 : Normes ITEBE et DIN+ pour les granulés bois

Liste des fournisseurs de granulés de bois identifiés (parmi la liste des distributeurs disponible sur le site internet Alsace Granulés) :

Structure	Adresse	Téléphone	Email
Ets Lucien Walch SAS	1 rue de l'Eglise 68520 BURNHAUPT LE BAS	03 89 62 74 74	jlwalch@tv-com.net
Alliance Bois Energies	24 rue de l'Expansion 67150 ERSTEIN	03 88 25 34 91	contact@allianceboisenergies.fr
Total Proxi Energies Nord Est	138 rue André Bisiaux 54320 MAXEVILLE	06 37 19 82 85	yannick.grandjean@total-pne.com

Tableau 10 : Liste de fournisseurs de granulés bois identifiés

Le tableau suivant présente une synthèse comparative des ressources en granulés de bois des fournisseurs identifiés. Les données sont celles indiquées par les fournisseurs au mois de juin 2021.

Fournisseur	Ets Lucien Walch SAS	Alliance Bois Energies	Total Proxi Energies Nord Est
Provenance	Forêt noire et Vosges DIN+	Siat-Braun Urmatt DIN+	Urmatt et Kehl (Allemagne) DIN+
Nature	100% résineux	100% résineux	100% résineux
Taux d'humidité sur brut (%)	8% maxi	≤ 10%	≤ 8%
Granulométrie (cm)	3,0 cm maxi	3,15 à 4,0 cm	3,15 à 4,0 cm
Masse volumique (kg/MAP)	650 kg/m ³	≥ 600 kg/m ³	≥ 630 kg/m ³
PCI (kWh/kg)	5,0 kWh/kg	4,6 à 5,3 kWh/kg	4,8 à 5,3 kWh/kg
Commande minimale	2 tonnes	2 tonnes	2 tonnes
Prix HT (€/tonne)	222,73 € ht/tonne	227,28 € ht/tonne	222,73 € ht/tonne
TVA sur granulés	10 %	10 %	10 %
Prix TTC (€/tonne)	245,00 € ttc/tonne	250,00 € ttc/tonne	245 € ttc/tonne
Forfait HT (€/livraison)	25,00 € ht/livraison	24,17 € ht/livraison	24,17 € ht/livraison
TVA sur forfait	20 %	20 %	20 %
Forfait TTC (€/livraison)	30,00 € ttc/livraison	29,00 € ttc/livraison	29,00 € ttc/livraison
Délai de livraison	~15 jours	2 à 4 jours	15 à 21 jours
Livraison par camion souffleur	oui	oui	oui
Système de pesée embarquée	oui	oui	oui

Tableau 11 : Synthèse comparative des ressources en granulés bois disponibles

5.3 Schémas d'organisation de l'approvisionnement et mobilisation du combustible, solutions préconisées

Concernant les granulés bois pour la chaudière de la salle polyvalente, l'approvisionnement se fait obligatoirement par des fournisseurs locaux. Le besoin s'élève à environ 13 tonnes de granulés dans l'année. Les fournisseurs locaux contactés sont en capacité de répondre à cette demande.

Concernant les plaquettes bois pour la chaudière centrale, il nous semble plus pertinent dans le cadre de la présente étude de considérer un approvisionnement par des fournisseurs locaux. Ceci permettra déjà à la commune d'avoir des éléments économiques concrets pour décider si elle souhaite mettre en place cette installation de chauffage centrale au bois. Si tel est le cas, la commune pourra par la suite travailler l'ensemble des points nécessaires pour la mise en place d'une filière d'approvisionnement interne, à savoir :

- Mutualisation avec des communes voisines
- Hangar pour le séchage et le stockage des plaquettes
- Organisation du transport jusqu'au hangar, puis jusqu'au silo

A noter également qu'il est possible d'avoir un approvisionnement par des fournisseurs au démarrage de l'installation, le temps de mettre en place, à moyen terme, une filière interne.

Le besoin annuel s'élève à environ 460 m³ de plaquettes bois à 30 % d'humidité maximum pour la variante A, à environ 565 m³ pour la variante B. Les fournisseurs locaux contactés sont en capacité de répondre à cette demande.

Choix du silo le plus approprié

Variante 1 : deux garages préfabriqués transformés en silo (54 m³) et chaufferie

Le plan de masse de cette solution est disponible en annexe 5. Le volume total du silo est de 54 m³. Le coût du gros œuvre pour cette solution est donné dans le tableau suivant. Il s'élève à 111 500 € HT.

Les livraisons se font par charges de 30 m³, pour un coût de 26,25 € HT/ m³ (cf. précédemment). Le coût annuel pour le combustible bois s'élève à 14 831 € HT (calcul pour la variante B grand réseau de chaleur).

Tableau 12 : Coût du gros oeuvre pour chaufferie et silo en deux garages préfabriqués

Nature des travaux	Dist. [m]	Prix unitaire	Prix total	Subvention
	ou Quantité	H.T.	H.T.	H.T.
Préparation chantier et mise en sécurité	1	3 000 €	3 000 €	3 000 €
Permis de construire	1	5 000 €	5 000 €	5 000 €

Fourniture et pose de deux garages préfabriqués en béton armé	1	40 000 €	40 000 €	40 000 €
Fondation pour deux garages accolés	1	17 000 €	17 000 €	17 000 €
Habillage murs garages, création toiture avec tuiles, selon recommandation architecte pour intégration dans périmètre de protection des bâtiments historiques	1	20 000 €	20 000 €	20 000 €
Modification clôture pour accès aux garages depuis parking, nouveau portail	1	6 000 €	6 000 €	6 000 €
Ventilation haute et basse chaufferie, bac sable, extincteurs	1	2 000 €	2 000 €	2 000 €
Cheminée	1	8 000 €	8 000 €	8 000 €
Passage toiture pour cheminée	1	1 200 €	1 200 €	1 200 €
Raccordement eau	1	2 000 €	2 000 €	2 000 €
Raccordement électricité	1	4 000 €	4 000 €	4 000 €
Raccordement internet	1	800 €	800 €	800 €
Evacuation eau	1	2 500 €	2 500 €	2 500 €
<i>Sous total version 1</i>			<i>111 500 €</i>	<i>111 500 €</i>

Variante 2 : silo enterré 120 m³

Le plan de masse de cette solution est disponible en annexe 6. Le volume total du silo enterré est de 120 m³. Nous attirons l'attention du maître d'œuvre sur la hauteur de la nappe souterraine, qui apparaît déjà à environ 2 m de profondeur. Pour le silo enterré, une profondeur de 4 m serait nécessaire. En phase Avant-Projet il faudra déterminer précisément la profondeur de la construction qui devra être adaptée au niveau de la nappe (notamment un silo plus large et moins profond). De plus, pendant la durée des travaux, le pompage en continu de l'eau de la nappe sera nécessaire.

Le coût du gros œuvre pour cette solution est donné dans le tableau suivant. Il s'élève à 183 000 € HT, soit un surcoût de 71 500 € HT par rapport à l'autre variante.

Les livraisons se font par charges de 90 m³, pour un coût de 23,25 € HT/ m³ (cf. précédemment). Le coût annuel pour le combustible bois s'élève à 13 136 € HT. L'économie sur l'achat du combustible bois se monte à 1700 € HT par an. En regard du surcoût sur le gros œuvre, le retour sur investissement s'élève à 42 ans. Vu ces éléments, nous garderons pour l'étude technique de la chaufferie au chapitre 6 et pour l'étude économique et financière au chapitre 7 la solution avec les deux garages préfabriqués.

Tableau 13: Coût du gros oeuvre pour chaufferie et silo enterré

Nature des travaux	Dist. [m] ou quantité	Prix unitaire	Prix total	Subvention
		H.T.	H.T.	H.T.
Préparation chantier et mise en sécurité	1	3 000 €	3 000 €	3 000 €
Permis de construire	1	5 000 €	5 000 €	5 000 €
Etude statique	1	15 000 €	15 000 €	15 000 €
Fouille pour silo et évacuation des terres	1	2 500 €	2 500 €	2 500 €
Fondations	1	12 000 €	12 000 €	12 000 €
Fosse pour moteur	1	8 000 €	8 000 €	8 000 €
Armatures murs et fond silo	1	14 000 €	14 000 €	14 000 €
Murs et fond béton	1	20 000 €	20 000 €	20 000 €
Gros oeuvre chaufferie	1	20 000 €	20 000 €	20 000 €
Habillage murs, création toiture avec tuiles, selon recommandation architecte pour intégration dans périmètre de protection des bâtiments historiques	1	20 000 €	20 000 €	20 000 €
Couvercle coulissant silo	1	25 000 €	25 000 €	25 000 €
Modification clôture pour accès au silo depuis parking, nouveau portail	1	6 000 €	6 000 €	6 000 €
Ventilation haute et basse chaufferie, bac sable, extincteurs	1	2 000 €	2 000 €	2 000 €
Cheminée	1	8 000 €	8 000 €	8 000 €
Passage toiture pour cheminée	1	1 200 €	1 200 €	1 200 €
Raccordement eau	1	2 000 €	2 000 €	2 000 €
Raccordement électricité	1	4 000 €	4 000 €	4 000 €
Raccordement internet	1	800 €	800 €	800 €
Evacuation eau	1	2 500 €	2 500 €	2 500 €
Surcoût pour exécution étanche des fondations, murs, dalle basse et de tous les raccords (sans abaisser le niveau de la nappe phréatique)	1	12 000 €	12 000 €	12 000 €
<i>Sous total version 2</i>			<i>183 000 €</i>	<i>171 000 €</i>

6. Etude technique de la chaufferie

6.1 Chaudière et équipements

Le schéma de principe de l'installation de production de chaleur est disponible en annexe 4. La chaudière bois produit la chaleur nécessaire. Les chaudières gaz sont mises à contribution uniquement si nécessaire : comme appoint les jours les plus froids de l'année, comme réserve en cas de panne de la chaudière bois.

Le ballon à accumulation n'est chargé que par la chaudière bois. En cas de panne de la chaudière bois, la chaleur produite par les chaudières de réserve partira directement dans le réseau et ne chauffera pas le ballon.

Les conduites du réseau de chaleur sont enterrées. Dans chaque bâtiment seront posés des échangeurs de chaleur pour le raccordement sur le réseau de chaleur.

A. Chaudière aux plaquettes bois pour la chaufferie centrale

Le choix se portera sur une chaudière automatique aux plaquettes bois d'une puissance de 250 kW dans la variante A, de 300 kW dans la variante B. La figure 26 présente les détails d'une telle chaudière.

La chaudière est équipée d'une grille d'avancement plate et est adaptée aux combustibles à haute teneur en cendres. Le combustible est amené depuis l'arrière de la chaudière vers le foyer sur la grille d'avancement plate à barreaux de fonte. Les barreaux sont placés de manière à se superposer et à composer un tamis de grille très fin. La grille est également conçue de manière à permettre une répartition nette et régulière de l'air primaire dans les différentes zones et à créer une zone de gazéification sans turbulences. L'entraînement du chariot de la grille est assuré par un système hydraulique et la fréquence des mouvements est automatiquement adaptée à la puissance. La chambre de combustion est revêtue d'un matériau résistant au feu et garantit une température de combustion élevée, même avec les matériaux humides. Au-dessus du dôme du foyer rayonnant, variable en fonction du combustible, se trouve une chambre de combustion supplémentaire. L'air secondaire amené dans la chambre de combustion et dans la chambre supplémentaire garantit une combustion échelonnée et donc optimale, et ainsi une réduction de la valeur NOX dans les fumées. Il est ainsi possible d'atteindre de faibles taux d'émission.

Les cendres sont lentement transférées de la grille d'avancement vers l'extrémité de la grille et entraînées dans le système de décendrage automatique. Les éléments qui tombent à travers la grille sont ainsi amenés vers une vis de décendrage et convoyés, avec les cendres de la grille, directement dans un seau ou un conteneur à cendres.

Un système de commande programmable permet la régulation parfaite de l'installation.

Dans le silo, l'extraction est à fond mobile. Il s'agit d'une échelle à entraînement hydraulique permettant de déplacer le combustible bois vers le système de convoyage jusqu'au foyer de la chaudière.



Figure 26 : Schéma d'une chaudière automatique aux copeaux de bois (source : Schmid, www.holzfeuerung.ch)

1. entrée du combustible
2. chambre de combustion primaire
3. grille d'avancement à fond plat refroidie par air (flamme en courant inverse par rapport au flux du combustible)
4. décendrage sous le foyer (automatique ou manuel)
5. entraînement automatique des cendres de combustion
6. entrée du mécanisme de combustion
7. voute de rayonnement
8. masse réfractaire avec conservation de la chaleur
9. chambre de combustion secondaire (pour optimisation de la combustion)
10. échangeur de chaleur à trois voies
11. porte frontale avec nettoyage automatique par pression
12. épuration des gaz d'émission au moyen d'un multi-cyclone avec entraînement automatique des cendres de l'air
13. ventilateur de gaz d'émission

B. Chaudière aux granulés bois pour la salle polyvalente

Le choix se portera sur une chaudière aux granulés bois, d'une puissance de 60 kW. La figure suivante présente les différents éléments d'une chaudière automatique aux granulés de bois.



Figure 27 : Schéma d'une chaudière aux granulés bois (source : <http://www.hargassner-france.com>)

La chambre de combustion est équipée d'un brûleur à grille rotative à régulation automatique. Dans ce type de chaudière, la gazéification continue s'opère dans un milieu pauvre en air. Les gaz de combustion montants sont enrichis avec l'air secondaire pulvérisé, entraîné par une soufflerie à rotation. Ceci garantit un parfait mélange. La très bonne combustion de cette installation rend les émissions de CO et de NO_x inférieures à celles d'un système fioul moderne.

Associée à une régulation de puissance modulée, cette technique élève les rendements de la chaudière à un taux supérieur à 90%. L'obtention de très bons résultats impose une alimentation en air de combustion, gaz de re-circulation et combustion à régulation exacte et modulée. Celle-ci se base sur les paramètres suivants : températures chaudière aller et retour, température des gaz de combustion et oxygène résiduel dans ces gaz.

Les granulés sont extraits du silo et amenés jusqu'à la chaudière par un système de transport pneumatique.

Le décairage et le nettoyage de l'échangeur de chaleur sont automatiques. Le tiroir à cendres devra être régulièrement vidé par la personne en charge de la chaufferie (environ 3 fois dans l'année).

Silos textiles pour granulés bois

Une partie du sous-sol sera transformée en silo de stockage des granulés. Le stockage des granulés bois se fera dans deux silos en textile (figure ci-après).

Le silo textile est équipé d'un tube de remplissage en partie haute. Le remplissage se fait par un camion souffleur.

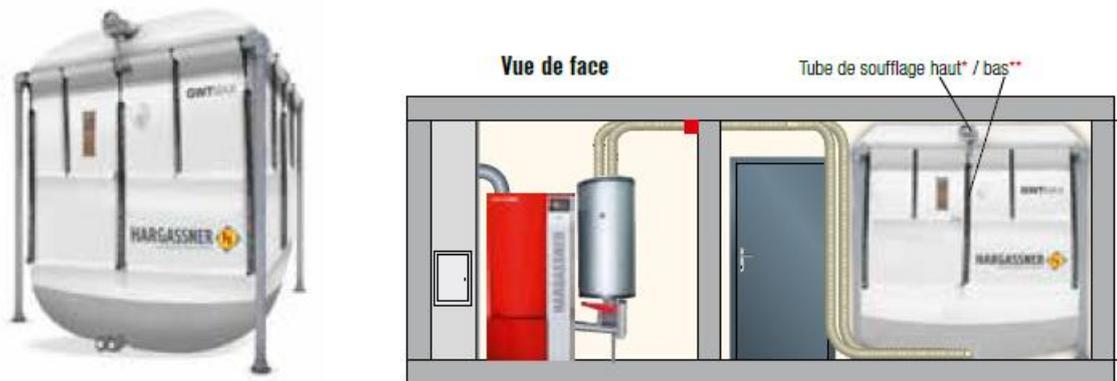


Figure 28 : Silo textile pour granulés bois et aperçu de la chaufferie (source : <http://www.hargassner-france.com>)

Dimension d'un silo textile :

- largeur : 2,08 m,
- longueur : 2,58 m,
- hauteur : 1,95 m.

La capacité maximale d'un silo textile est de 4,6 tonnes de granulés. Le volume total de stockage de granulés bois avec deux silos en textile atteint donc 9,2 tonnes. Une autonomie d'environ 20 jours à une température extérieure de -15°C pourra être atteinte.

La livraison des granulés bois se fait par camion souffleur équipé de pesée embarquée et stationné à proximité de la chaufferie durant la livraison.

Le planning-type de remplissage du silo sur l'année est le suivant :

- première livraison en été pour le remplissage des silos (prix attractifs) soit 8 tonnes
- une livraison durant la saison de chauffe.

Avec ces silos en textile, 2 livraisons seront nécessaires pour couvrir le besoin annuel de 13 tonnes de granulés.

6.2 Génie civil et VRD

A. Chaufferie centrale

L'emplacement prévu pour accueillir la nouvelle chaufferie centrale au bois sera dans le jardin du presbytère dans la variante A, l'arrière de la salle polyvalente dans la variante B. Dans les deux variantes, il s'agira d'un garage préfabriqué en béton transformé en chaufferie. Les dimensions de la chaufferie sont :

- longueur : 6,0 m
- largeur : 3,0 m
- hauteur : 2,5 m

La chaufferie sera équipée de :

- la chaudière bois,
- d'un ballon à accumulation de 2000 litres (variante A) ou 4000 litres (variante B),
- de la pompe réseau,
- du départ réseau.

B. Silo d'alimentation – Stockage du combustible

Le silo pour les plaquettes bois est également un garage préfabriqué en béton, accolé à celui pour la chaufferie. Il sera semi-enterré, placé à une profondeur d'environ 1 m par rapport au niveau du sol, pour faciliter l'amenée des plaquettes bois jusqu'à la chaudière.

Le croquis de la chaufferie et du silo sont donnés en annexe 5. Un habillage des murs et la création d'une toiture seront très certainement à prévoir, pour intégrer l'ensemble dans le périmètre de protection des bâtiments historiques. Ces points seront à traiter plus précisément au niveau Avant-Projet.

Dimensions du silo :

- longueur : 6,0 m
- largeur : 3,0 m
- hauteur : 3,0 m

L'extraction de plaquettes bois se fait via une échelle à entrainement hydraulique, qui déplace le combustible bois vers le système de convoyage (vis sans fin).

Le volume total du silo est de 54 m³. Le volume utile est d'environ 70% du volume total, soit 38 m³. L'autonomie de ce silo est prévue pour 4,5 jours par une température extérieure de -15°C. Deux livraisons de combustible bois dans la semaine seront nécessaires durant les quelques semaines les plus froides de l'année.

Comme vu précédemment, la livraison des plaquettes se fera par bennage devant le silo, avec des charges de 30 m³. Dans la variante A, la modification de la clôture du presbytère et un nouveau portail seront nécessaires, pour permettre l'accès depuis le parking. Dans la variante B, un portail plus large sera nécessaire.

Sur une année, environ 16 livraisons sont à prévoir pour la variante A (besoin annuel en plaquettes : 460 m³) et 19 livraisons pour la variante B (besoin annuel en plaquettes : 565 m³).

C. Hangar et stockage éventuel du combustible

Aucun hangar pour un stockage et séchage des plaquettes forestières n'est considéré dans cette étude. La réflexion sur la création d'une filière interne d'approvisionnement pourra se faire une fois la décision prise par la commune de partir sur une chaufferie centrale aux plaquettes bois pour chauffer ses bâtiments.

6.3 Règlementation et qualité de l'air

La nouvelle installation de production de chaleur devra respecter les normes de sécurité et les normes incendie en vigueur.

Les systèmes de traitement des fumées existants permettent de répondre aux exigences réglementaires concernant les rejets atmosphériques. L'Arrêté du 25 juillet 1997 définit les valeurs limites des rejets. Dans le cas d'une installation dont la puissance totale des chaudières consommant de la biomasse n'excède pas 4 MW, la limite de rejet en poussières, applicable aux appareils de combustion utilisant ce combustible, est fixée à 150 mg/m³ de fumée quelle que soit la puissance totale de l'installation. Les chaudières respectent les normes actuelles en matière de rejets dans l'atmosphère.

6.4 Fournisseurs et références

Les fournisseurs de chaudières à plaquettes bois pour la puissance envisagée sont principalement (liste non exhaustive) :

- Hargassner France Nord Est, Lure, France
- KWB France, Colmar, France
- Schmid SA, Pulversheim, France
- Mawera, Hard am Bodensee, Autriche
- Compte R, Arlanc, France
- Bioflam, Overath-Untereschbach, Allemagne,
- Kohlbach, Wolfsberg, Autriche
- Fröling, Grieskirchen, Autriche

Des installations semblables, comportant une chaudière automatique aux plaquettes bois et un réseau de chaleur ont été réalisées dans les environs :

- Commune de Betschdorf : chaudière bois de 1,4 MW et réseau de chaleur de 2 km

- Commune de Rittershoffen : chaudière bois de 280 kW et réseau de chaleur de 375 m (Cette installation a été visitée par quelques représentants de la commune de Lautenbach le 22 mai 2021)
- Hôtel La Clairière, La Petite Pierre : chaudière bois de 300 kW
- Commune de Sasbachwalden (Allemagne) : chaudière bois de 250 kW et réseau de chaleur de 250 m
- Clinique vétérinaire, Fribourg (Allemagne) : chaudière bois de 500 kW

Les fournisseurs de chaudières à granulés bois pour la puissance envisagée sont principalement (liste non exhaustive) :

- Hargassner France Nord Est, Lure, France
- KWB France, Colmar, France
- Schmid SA, Pulversheim, France
- HDG, Massing, Allemagne
- ETA France, Eschbach, France

Des installations semblables, comportant une chaudière aux granulés bois et un réseau de chaleur ont été réalisées dans les environs :

- Commune de Cleebourg : 100 kW
- Commune de Beblenheim : 2 x 150 kW
- Café Danner, Kehl : 60 kW
- Entreprise Maus, Karlsruhe : 2 x 350 kW
- Eglise d'Osterburgen : 150 kW avec 40 000 litres de ballon à accumulation
- Piscine et pompiers, Nordrach : 120 kW

7. Etude économique et financière – chaufferie centrale

7.1 Chiffrage des investissements

Les investissements concernent la production de la chaleur, son transport (réseau de chaleur) et sa distribution. Dans le tableau ci-dessous sont récapitulés les investissements liés d'une part aux travaux de gros œuvre, terrassement, démolition et démontage, et d'autre part aux travaux de chauffage, d'électricité et plomberie. Le détail des investissements est disponible en annexe 8. Aucune subvention n'est considérée dans le tableau ci-dessous.

Tableau 14 : Récapitulatif des investissements pour la chaufferie centrale

Investissement	petit réseau de chaleur (variante A)		grand réseau de chaleur (variante B)	
	Référence A en € HT chaudières individuelles gaz	Solution bois A en € HT chaudière plaquettes bois 250 kW	Référence B en € HT chaudières individuelles gaz	Solution bois B en € HT chaudière plaquettes bois 300 kW
Gros œuvre / terrassement / démolition et démontage	5 300 €	199 690 €	12 200 €	271 100 €
Chauffage/électricité/plomberie	113 750 €	243 075 €	151 700 €	300 461 €
Maîtrise d'œuvre	- €	61 987 €	- €	80 019 €
Total opération en € HT hors subventions	119 050 €	504 752 €	163 900 €	651 580 €

Pour le petit réseau de chaleur avec une chaudière plaquettes bois (solution bois A), le montant total de l'investissement s'élève à 504 750 € HT. Pour comparaison, l'investissement pour la solution de référence avec chaudières individuelles au gaz (référence A) est de 119 000 € HT.

Pour le grand réseau de chaleur incluant la salle des fêtes, le montant total de l'investissement s'élève à 651 580 € HT (solution bois B), à comparer à l'investissement de 163 900 € HT pour des chaudières individuelles au gaz (référence B).

7.2 Coût prévisionnel d'exploitation de la chaufferie

Les éléments suivants sont considérés pour estimer le coût annuel d'exploitation de la chaufferie centrale, à la charge de la commune de Lautenbach. Le poste P1 regroupe l'ensemble des consommations :

- Estimation du coût de la fourniture en électricité de la chaufferie,

- Quantité de combustible consommé (bois et appoint) et ses coûts.

Les coûts d'exploitation et de maintenance spécifiques à la chaufferie bois et du réseau sont considérés dans les postes P2 et P3 :

- Estimation des frais de conduite et de petit entretien (poste P2)
- Estimation des frais de gros entretien et de réparation (poste P3)

Enfin, une estimation des annuités de remboursement du prêt bancaire est donnée dans le poste P4. Pour cette estimation, un taux de 2,2 % et une durée d'emprunt de 20 ans ont été considérés. L'emprunt bancaire porte sur la part restant à financer par la commune, après déduction des subventions applicables (cf. §7.4).

Le tableau 15 présente un récapitulatif des coûts prévisionnels annuels d'exploitation de la chaufferie centrale. Le détail est disponible en annexe 8 de ce rapport.

Tableau 15 : Récapitulatif des coûts annuels d'exploitation de la chaufferie centrale

	petit réseau de chaleur (variante A)		grand réseau de chaleur (variante B)	
	Référence A en € HT chaudières individuelles gaz	Solution bois A en € HT chaudière plaquettes bois 250 kW	Référence B en € HT chaudières individuelles gaz	Solution bois B en € HT chaudière plaquettes bois 300 kW
Coût P1	19 556 €	14 044 €	23 215 €	17 204 €
Coût P2	3 500 €	10 160 €	4 100 €	10 460 €
Coût P3	1 010 €	1 300 €	1 330 €	1 700 €
Coût P4	7 422 €	17 596 €	10 218 €	22 914 €
Total	31 488 €	43 100 €	38 863 €	52 278 €

Pour le petit réseau de chaleur (variante A), la solution de référence présente le coût d'exploitation le plus bas à 31 500 €/an. La solution plaquettes bois présente un coût d'exploitation à 43 100 €/an.

Pour le grand réseau de chaleur (variante B), la solution de référence présente le coût d'exploitation à 38 860 €/an. La solution plaquettes bois présente un coût d'exploitation à 52 280 €/an.

En analysant le détail du coût d'exploitation, il apparaît que le coût du combustible (P1) est le plus intéressant dans les solutions bois. Les coûts de conduite de la chaufferie (P2) sont plus élevés pour les solutions bois. Les coûts de réparation (P3) sont du même ordre de grandeur entre la référence et la solution bois. Enfin, les frais financiers (emprunts bancaires) (P4) sont plus élevés pour les solutions bois.

7.3 Aspects économiques

Une subvention dans le cadre du programme Climaxion (Région Grand Est et ADEME) est envisageable pour la construction d'une chaufferie centrale au bois par la commune de Lautenbach. La Région Grand Est et l'ADEME sont susceptibles d'apporter une aide de 45% sur les travaux éligibles (donné selon le potentiel financier et l'effort fiscal de la commune de Lautenbach).

Les travaux éligibles portent sur l'ensemble des éléments en lien avec la chaudière au bois. Les énergies d'appoint, les équipements de production d'ECS et la distribution intérieure de la chaleur ne sont pas éligibles aux subventions.

Pour la solution bois A, les investissements à réaliser s'élèvent à 504 752 €. Avec une subvention de 222 503 €, la commune doit financer 282 249 €.

Pour la solution bois B, les investissements à réaliser s'élèvent à 651 580 € HT. Avec une subvention de 284 031 € HT, la commune doit financer 367 549 €.

L'ensemble des aspects économiques pour les solutions bois et les solutions de référence sont dans le tableau suivant.

Tableau 16 : Synthèse économique

	petit réseau de chaleur (variante A)		grand réseau de chaleur (variante B)	
	Référence A en € HT chaudières individuelles gaz	Solution bois A en € HT chaudière plaquettes bois 250 kW	Référence B en € HT chaudières individuelles gaz	Solution bois B en € HT chaudière plaquettes bois 300 kW
Coût global des investissements à réaliser	119 050 €	504 752 €	163 900 €	651 580 €
Consommation combustibles (pour l'ensemble des bâtiments) :				
bois (kWh/an)	-	391 048	-	479 039
gaz (kWh/an)	320 583	19 273	374 701	23 609
électricité (kWh/an)	3 286	5 826	3 838	7 136
Coût des combustibles/an (à la charge de la commune) :				
- bois	0 €	12 076 €	0 €	14 794 €
- gaz	19 048 €	1 066 €	22 621 €	1 306 €
- électricité	508 €	902 €	594 €	1 104 €

TOTAL P1	19 556 €	14 044 €	23 215 €	17 204 €
Coût exploitation et maintenance				
TOTAL P2	3 500 €	10 160 €	4 100 €	10 460 €
Coût pour entretien et réparation				
TOTAL P3	1 010 €	1 300 €	1 330 €	1 700 €
Frais financiers				
TOTAL P4	7 422 €	17 596 €	10 218 €	22 914 €
TOTAL P1 + P2 + P3 + P4	31 488 €	43 100 €	38 863 €	52 278 €
Subventions :				
Région Alsace / ADEME	0 €	222 503 €	0 €	284 031 €
TOTAL SUBVENTIONS	0 €	222 503 €	0 €	284 031 €
TEMPS DE RETOUR SUR INVESTISSEMENT				
sans subvention				
avec subvention				
COÛT GLOBAL D'EXPLOITATION				
15 ans	472 323 €	646 504 €	582 939 €	784 174 €
20 ans	629 764 €	862 006 €	777 252 €	1 045 565 €
25 ans	750 096 €	989 525 €	920 474 €	1 192 385 €
30 ans	870 427 €	1 117 045 €	1 063 697 €	1 339 205 €

7.4 Plan de financement proposé

Le mode de financement considéré dans cette étude est l'emprunt bancaire. Le tableau ci-dessous récapitule les données liées aux emprunts bancaires. Deux durées ont été considérées, 15 et 20 ans, ainsi que deux taux (1,6 % pour une durée d'emprunt de 15 ans et 2,2 % pour une durée d'emprunt de 20 ans). Les subventions sur les investissements sont prises en compte dans les coûts indiqués ci-dessous. Les détails sont disponibles en annexe 8 de ce rapport.

Tableau 17 : Récapitulatif du financement du projet

	Solution	Montant emprunt	Durée	Taux	Mensualité	Annuité	Coût du crédit
petit réseau de chaleur (variante A)	Référence A	119 050 €	15	1,6%	749 €	8 990 €	15 802 €
		119 050 €	20	2,2%	618 €	7 422 €	29 390 €
	Solution bois A	282 249 €	15	1,6%	1 776 €	21 314 €	37 465 €
		282 249 €	20	2,2%	1 466 €	17 596 €	69 678 €
grand réseau de chaleur (variante B)	Référence B	163 900 €	15	1,6%	1 031 €	12 377 €	21 755 €
		163 900 €	20	2,2%	852 €	10 218 €	40 462 €
	Solution bois B	367 549 €	15	1,6%	2 313 €	27 756 €	48 787 €
		367 549 €	20	2,2%	1 910 €	22 914 €	90 736 €

8. Etude économique et financière – chaudière individuelle salle polyvalente

Ce chapitre concerne uniquement la salle polyvalente. L'étude économique et financière porte sur trois solutions pour le chauffage de ce bâtiment :

- Référence : remplacement de la chaudière fioul actuelle par une chaudière gaz à condensation de 60 kW.
- Solution bois : mise en place d'une chaudière aux granulés bois de 60 kW.
- Solution pompe à chaleur : mise en place d'une pompe à chaleur réversible, pour le chauffage et le rafraîchissement.

8.1 Remplacement des émetteurs de chaleur

Dans un premier temps nous avons considéré le remplacement des ventilo-convecteurs de la salle par un système plus performant. Les panneaux rayonnants cumulent l'avantage d'un confort thermique et d'un fonctionnement silencieux. Cela nous semble la meilleure proposition pour la salle polyvalente.

Les panneaux rayonnants sont des émetteurs fonctionnant par circulation d'eau chaude. Dans le cas présent, ils sont à suspendre au plafond, et diffusent la chaleur dans la salle par rayonnement thermique.

Un aperçu de la pose de tels panneaux rayonnants est donné en annexe 7.

Nous avons chiffré le remplacement des émetteurs de chaleur de la salle séparément (cf. tableau suivant). Le montant de l'investissement s'élève à 70 000 € HT. Il comprend le démontage des équipements actuels, la pose des nouveaux émetteurs et d'une petite ventilation adaptée au renouvellement d'air de la salle.

Tableau 18 : Investissement pour remplacement des émetteurs de chaleur dans la salle polyvalente

	Nature des travaux	Dist. [m] ou quantité	Prix unitaire H.T.	Prix total H.T.	Subvent ion H.T.
Gros oeuvre/terrassement/démolition et démontage					
1	Divers				
	Démontage aérothermes et conduites	1	4 000 €	4 000 €	0 €
	<i>Sous total</i>			4 000 €	0 €
	<i>Sous-total</i>			4 000 €	0 €
Chauffage/électricité/plomberie					
1	Distribution intérieure salle polyvalente				
	Fourniture et pose d'une ventilation pour renouvellement d'air dans la salle, avec récupération de chaleur	1	32 000 €	32 000 €	0 €
	Fourniture et pose de panneaux rayonnants suspendus au plafond	1	30 000 €	30 000 €	0 €
	Raccordement panneaux rayonnants	1	4 000 €	4 000 €	0 €
	<i>Sous total</i>			66 000 €	0 €
	<i>Sous-total</i>			66 000 €	0 €
	Total travaux :			70 000 €	0 €

8.2 Chiffrage des investissements

Les investissements concernent uniquement la production de la chaleur, non sa distribution (traitée précédemment). Dans le tableau ci-dessous sont récapitulés les investissements liés d'une part aux travaux de gros œuvre, terrassement, démolition et démontage, et d'autre part aux travaux de chauffage, d'électricité et plomberie. Le détail des investissements est disponible en annexe 8. Aucune subvention n'est considérée dans le tableau suivant.

Pour la chaudière gaz, le montant total de l'investissement s'élève à 44 850 € HT. C'est la solution la plus économique. Vient ensuite la solution pompe à chaleur, avec un investissement de 91 656 € HT, puis la solution granulés bois à 103 968 € HT.

Tableau 19 : Récapitulatif des investissements pour la salle polyvalente

Investissement	salle polyvalente (variantes C)		
	Référence C en € HT chaudière gaz	Solution bois C en € HT chaudière granulés 60 kW	Solution PAC réversible C en € HT
Gros oeuvre/terrassement/démolition et démontage	6 900 €	6 900 €	6 900 €
Chauffage/électricité/plomberie	37 950 €	84 300 €	73 500 €
Maîtrise d'œuvre	- €	12 768 €	11 256 €
Total opération en € HT hors subventions	44 850 €	103 968 €	91 656 €

8.3 Coût prévisionnel d'exploitation de la chaufferie

Le tableau 20 présente un récapitulatif des coûts prévisionnels annuels d'exploitation de la chaufferie de la salle polyvalente. Le détail est disponible en annexe 8 de ce rapport.

Tableau 20 : Récapitulatif des coûts annuels d'exploitation de la chaufferie de la salle polyvalente

	salle polyvalente (variantes C)		
	Référence C en € HT chaudière gaz	Solution bois C en € HT chaudière granulés 60 kW	Solution PAC réversible C en € HT
Coût P1	3 658 €	2 987 €	2 441 €
Coût P2	700 €	2 720 €	1 200 €
Coût P3	320 €	720 €	780 €
Coût P4	2 796 €	3 759 €	5 714 €
Total	7 474 €	10 185 €	10 135 €

La solution de référence présente le coût d'exploitation le plus bas à 7 470 €/an. Le coût d'exploitation de la chaudière granulé et celui de la pompe à chaleur sont similaires, à 10 185 € et 10 135 € respectivement.

La solution pompe à chaleur présente le coût le plus bas pour le combustible (P1) et les frais financiers les plus élevés (P4).

8.4 Aspects économiques

Une subvention dans le cadre du programme Climaxion (Région Grand Est et ADEME) est envisageable pour la chaudière aux granulés bois de la salle polyvalente. Dans le cas où les deux solutions bois seraient réalisées (chaufferie centrale au cœur du village et chaudière bois à la salle polyvalente), chaque projet peut bénéficier d'une subvention. La Région Grand Est et l'ADEME sont susceptibles d'apporter une aide de 45% sur les travaux éligibles (donné selon le potentiel financier et l'effort fiscal de la commune de Lautenbach).

Les travaux éligibles portent sur l'ensemble des éléments en lien avec la chaudière au bois. Les énergies d'appoint, les équipements de production d'ECS et la distribution intérieure de la chaleur ne sont pas éligibles aux subventions.

Pour la solution aux granulés bois, les investissements à réaliser s'élèvent à 103 968 €. Avec une subvention de 43 681 €, la commune doit financer 60 287 €.

L'ensemble des aspects économiques pour la solution bois et la solution de référence sont dans le tableau suivant.

Tableau 21 : Synthèse économique

	salle polyvalente (variantes C)		
	Référence en € HT chaudière gaz	Solution bois en € HT chaudière granulés 60 kW	Solution PAC réversible en € HT
Coût global des investissements à réaliser	44 850 €	103 968 €	91 656 €
Consommation combustibles (pour l'ensemble des bâtiments) :			
bois (kWh/an)	-	61 333	-
gaz (kWh/an)	54 118	-	-
électricité (kWh/an)	552	938	15 771
Coût des combustibles/an (à la charge de la commune) :			
- bois	0 €	2 841 €	0 €
- gaz	3 573 €	0 €	0 €
- électricité	85 €	145 €	2 441 €
TOTAL P1	3 658 €	2 987 €	2 441 €
Coût exploitation et maintenance			
TOTAL P2	700 €	2 720 €	1 200 €
Coût pour entretien et réparation			

TOTAL P3	320 €	720 €	780 €
Frais financiers			
TOTAL P4	2 796 €	3 759 €	5 714 €
TOTAL P1 + P2 + P3 + P4	7 474 €	10 185 €	10 135 €
Subventions :			
Région Alsace / ADEME	0 €	43 681 €	0 €
TOTAL SUBVENTIONS	0 €	43 681 €	0 €
TEMPS DE RETOUR SUR INVESTISSEMENT			
sans subvention			
avec subvention			
COÛT GLOBAL D'EXPLOITATION			
15 ans	112 116 €	152 775 €	152 021 €
20 ans	149 487 €	203 701 €	202 695 €
25 ans	172 879 €	235 833 €	224 798 €
30 ans	196 270 €	267 966 €	246 901 €

8.5 Plan de financement proposé

Le mode de financement considéré dans cette étude est l'emprunt bancaire. Le tableau ci-dessous récapitule les données liées aux emprunts bancaires. Deux durées ont été considérées, 15 et 20 ans, ainsi que deux taux (1,6 % pour une durée d'emprunt de 15 ans et 2,2 % pour une durée d'emprunt de 20 ans). Les subventions sur les investissements sont prises en compte dans les coûts indiqués ci-dessous. Les détails sont disponibles en annexe 8 de ce rapport.

Tableau 22 : Récapitulatif du financement du projet

	Solution	Montant emprunt	Durée	Taux	Mensualité	Annuité	Coût du crédit
salle polyvalente (variantes C)	Référence C	44 850 €	15	1,6%	282 €	3 387 €	5 953 €
		44 850 €	20	2,2%	233 €	2 796 €	11 072 €
	Solution bois C	60 287 €	15	1,6%	379 €	4 553 €	8 002 €
		60 287 €	20	2,2%	313 €	3 759 €	14 883 €
	Solution PAC C	91 656 €	15	1,6%	577 €	6 921 €	12 166 €
		91 656 €	20	2,2%	476 €	5 714 €	22 627 €

9. Conclusion

Ce rapport présente les résultats d'une étude de faisabilité technico-économique pour la mise en place d'une chaufferie centrale au bois dans la commune de Lautenbach. Les bâtiments à raccorder sur le réseau de chaleur sont le presbytère, la collégiale, la mairie, la Poste avec un logement au premier étage, l'école maternelle, l'école élémentaire et la salle polyvalente. Deux variantes ont été traitées :

- Variante A : petit réseau de chaleur au cœur du village. La salle polyvalente n'est pas incluse dans cette configuration. Les besoins annuels en chauffage sont de 328 600 kWh.
- Variante B : grand réseau de chaleur incluant la salle polyvalente. Les besoins annuels en chauffage sont de 383 800 kWh.

L'étude traite également la salle polyvalente séparément, pour un remplacement de l'installation de chauffage par un système dédié à ce bâtiment.

La grille en annexe 3 est une synthèse de l'ensemble des résultats.

Chaufferie centrale au bois

Deux solutions avec une chaudière aux plaquettes bois ont été envisagées et traitées dans l'étude : une chaudière bois de 250 kW dans la variante A, une chaudière bois de 300 kW dans la variante B. Elles sont comparées à une solution dite de référence, sans chaufferie centrale, qui consiste à conserver les équipements individuels (chaudières gaz à condensation).

Pour la variante A, l'emplacement de la chaufferie centrale a été longuement discuté. Le site le plus approprié est le jardin du presbytère, à proximité du parking pour un accès aisé pour les livraisons de plaquettes bois. A noter toutefois qu'elle se situe dans le périmètre de protection des monuments historiques. Un travail plus approfondi sur l'intégration de la chaufferie et du silo sera donc nécessaire ultérieurement. Dans la variante B, la chaufferie centrale est implantée à l'arrière de la salle polyvalente.

De même, le choix du silo le plus approprié a été traité avec soin, mettant en balance les coûts de construction et les coûts de livraison. La solution la plus avantageuse pour la commune est basée sur deux garages préfabriqués en béton, l'un transformé en chaufferie, l'autre transformé en silo pour plaquettes bois. La configuration proposée dans cette étude permet un accès direct et aisé au silo mitoyen à la chaufferie. Pour les livraisons, les plaquettes bois sont bennées devant le silo. Un ouvrier communal devra les pousser ensuite dans le silo à l'aide du chargeur.

L'approvisionnement en plaquettes bois a été considéré par des fournisseurs locaux. Le besoin annuel s'élève à 460 m³ / 115 tonnes par an pour la variante A, à 565 m³ / 141 tonnes par an pour la variante B. Les livraisons se font par volume de 30 m³, soit environ 16 à 19 livraisons dans l'année respectivement pour la variante A et la variante B. Deux livraisons par semaine sont à prévoir lors des semaines les plus froides de l'année.

La chaudière bois couvrira 95% des besoins annuels en chauffage. Les chaudières gaz actuelles de la mairie et de l'école élémentaire sont conservées et serviront comme appoint et secours sur le réseau de chaleur. Un ballon à accumulation complétera l'installation en chaufferie.

La production d'eau chaude sanitaire est indépendante et individuelle, comme c'est le cas actuellement. Pour le logement au-dessus de la Poste, le presbytère et la salle polyvalente, elle est prévue par pompes à chaleur thermodynamiques air/eau. Les ballons ECS individuels sont chauffés par le réseau de chaleur durant la saison de chauffe, et par la pompe à chaleur durant la période estivale. Cette solution permet de mettre la chaudière bois à l'arrêt durant la saison estivale, et d'éviter ainsi les pertes de chaleur sur le réseau.

Un réseau de chaleur devra être créé pour raccorder les différents bâtiments à la chaufferie centrale. Il est constitué d'une conduite double efficacement isolée et enterrée. Sa longueur est d'environ 350 m pour la variante A, et environ 640 m pour la variante B. Dans chaque bâtiment, un échangeur de chaleur à plaques permet le raccordement de l'installation intérieure de chauffage sur le réseau de chaleur.

D'un point de vue financier, l'investissement à réaliser pour une solution au bois avec réseau de chaleur est conséquent comparé à une solution basée sur des énergies fossiles (gaz dans le cas présent). Il s'élève à 504 750 € HT pour la variante A, contre 119 000 € HT pour la solution de référence (gaz en chauffage individuel). Pour la variante B, l'investissement se monte à 651 580 € HT, contre 163 900 € HT pour la solution de référence.

En tenant compte d'une subvention de la Région Grand Est /Ademe à hauteur de 45% des travaux éligibles, la commune doit financer 282 250 € HT pour la variante A, 367 550 € HT pour la variante B.

Les coûts annuels d'exploitation s'élèvent à 43 100 € HT pour la variante A, contre 31 500 € HT pour la solution de référence (gaz en chauffage individuel). Ils s'élèvent à 52 280 € HT pour la variante B, contre 38 860 € HT pour la variante B.

Une chaufferie centrale au bois est le choix d'un investissement à très long terme pour la commune. En effet, la durée de vie du réseau de chaleur et des échangeurs de chaleur à plaques est de 40 ans.

C'est aussi le choix d'un combustible non fossile produit localement. Ecologiquement, le passage à une solution bois permet d'éviter l'émission de 28 tonnes de CO₂ par an par rapport à une solution gaz pour la variante A, 38 tonnes pour la variante B.

Enfin, il existe la possibilité pour la commune de créer sa propre filière d'approvisionnement en plaquettes bois. Les points à considérer plus précisément par la suite sont :

- Mutualisation des ressources avec des communes voisines,
- Site pour stockage et séchage des plaquettes bois,
- Broyage en plaquettes,
- Organisation du transport (jusqu'au site de stockage, jusqu'au silo).

Chauffage salle polyvalente

L'étude a également traité du remplacement de la chaudière fioul de la salle polyvalente par un système individuel de chauffage, ainsi que du remplacement des ventilo-convecteurs par des panneaux rayonnants. Trois solutions ont été imaginées :

- Chaudière individuelle au gaz,
- Chaudière individuelle aux granulés bois,
- Pompe à chaleur réversible.

Si la chaudière gaz reste la solution la plus économique (investissement 44 850 € HT), l'investissement pour la solution bois s'élève à 104 000 € HT, celui pour la pompe à chaleur à 91 650 € HT.

Le coût seul du remplacement des ventilo-convecteurs par des panneaux rayonnants s'élève à 70 000 € HT.

Les coûts annuels d'exploitation s'élèvent à 7 475 € HT avec une chaudière gaz. Ils sont similaires avec la chaudière granulés bois (10 185 € HT) et la pompe à chaleur (10 135 € HT).

La pompe à chaleur présente l'avantage d'une fonction supplémentaire de rafraîchissement de la salle. Enfin, le prix du granulés bois aura probablement tendance à augmenter les prochaines années, étant un combustible neutre en CO₂. Il restera cependant plus économique que le gaz, impacté par l'augmentation de la taxe carbone sur les combustibles de chauffage.

La solution granulés bois permet d'éviter l'émission de 10 tonnes de CO₂ par an par rapport à une solution gaz.

Annexe 1 : Glossaire

Unité d'énergie :

L'unité est le kilowattheure (kWh) d'énergie dégagée en 1 heure par un appareil de puissance 1 kW. Le multiple est le mégawattheure (MWh) = 1000 kWh.

PCI : Pouvoir calorifique inférieur

Le pouvoir calorifique d'un combustible est la quantité de chaleur dégagée par la combustion complète de l'unité de masse (ou de volume) de celui-ci. On distingue le Pouvoir Calorifique Supérieur (PCS) pour lequel l'eau contenue dans les fumées de combustion est considérée sous forme liquide et le Pouvoir Calorifique Inférieur (PCI) où l'eau des fumées est comptée sous forme vapeur. Le PCS présente un intérêt dans le cas des « chaudières à condensation » dans lesquelles les fumées sont descendues en température jusqu'à condensation. Ce type de chaudière existe essentiellement dans la gamme des chaudières utilisant du gaz naturel. En règle générale, les fumées de combustion sont à une température telle que l'eau y est contenue sous forme de vapeur. Ainsi, le PCI est la valeur du pouvoir calorifique la plus représentative de la réalité et c'est cette donnée qui est considérée dans ce rapport. Le PCI est généralement exprimée en kWh/kg (ou kWh/l ou kWh/m³).

Puissance :

C'est la quantité de chaleur disponible ou émise par unité de temps :

- Pour une chaudière : chaleur transmise à l'eau en circulation.
- Pour un émetteur (radiateur, aérotherme etc...) : chaleur cédée à l'ambiance.

La puissance s'exprime en kW. La quantité de chaleur émise en une heure par un appareil de puissance 1 kW est ainsi égale à 1 kWh.

Rendement chaudière :

C'est le rapport entre la quantité de chaleur utilisable et celle contenue dans le combustible. Il s'exprime en %. Généralement la quantité de chaleur du combustible est exprimée en valeur PCI : il s'agit alors d'un rendement sur PCI.

Les différentes pertes de chaleur sont principalement :

- Pertes par la chaleur des fumées chaudes envoyées à la cheminée (5 à 10%),
- Pertes par les imbrûlés (0,5 à 1,5%),
- Pertes par rayonnement de la chaudière (< 1%).

Il convient également de distinguer le rendement instantané du rendement moyen annuel qui intègre les pertes à l'arrêt de la chaudière.

Humidité du bois :

La quantité d'eau contenue dans le bois - exprimée en % - est définie par deux valeurs :

- Hygrométrie sur anhydre : masse d'eau que renferme 1 kg de bois sec,
- Hygrométrie sur brut (ou Hygrométrie Relative – HR) : masse d'eau contenue dans 1 kg de bois humide.

Exemple : un échantillon de 25 kg de bois humide, contient 5 kg d'eau

- Hygrométrie sur anhydre : 5 kg d'eau / 20 kg bois sec = 25 %

Hygrométrie sur brut (HR) : 5 kg d'eau / 25 kg bois brut = 20 %

Annexe 2 : Listing des raccordements au réseau de gaz

Bâtiment	Précision sur bâtiment	Raccordement gaz	Mode de chauffage
38 Rue Principale			
39 Rue Principale		Oui	
40 Rue Principale		Non	Cheminé bois avec distribution air chaud
41 Rue Principale		Oui	
42 Rue Principale		Non	Poêle bois
42 A Rue Principale		Oui	
43 Rue Principale		Oui	
43 A Rue Principale		Non	Chauffage électrique
44 Rue Principale		Oui	
45 Rue Principale	Commerce café aux deux clefs	Oui	
46 Rue Principale	résidence KOLB	Non	Chauffage électrique
48 Rue Principale		Oui	
49 Rue Principale	Mairie	Oui	
50 Rue Principale	Résidence KOLB	Oui	Gaz condensation
51 Rue Principale	La poste	Non	
52 Rue Principale	Résidence KOLB	Oui	Gaz à condensation
53 Rue Principale		Non	Chauffage au sol électrique et clim réversible
54 Rue Principale		Oui	
55 Rue Principale		Oui	
56 Rue Principale	Résidence KOLB	Oui mais pas utilisé	Fioul, l'arrivée de gaz est présente
57 Rue Principale		Non	Fioul, pompe à chaleur et fourneau à bois
58 Rue Principale		Oui	
59 Rue Principale		Oui	
60 Rue Principale	Maison + garage	Non	Pompe à chaleur pour la maison, le magasin est au radiateur électrique. La partie atelier (de l'autre côté de la route) est chauffée au bois
61 Rue Principale		Oui	
62 Rue Principale		Oui	
63 Rue Principale		Oui	
64 Rue Principale		Oui	
65 Rue Principale		Oui	
66 Rue Principale		Oui	
67 Rue Principale	commerce + logements	Oui	
68 Rue Principale		Oui	
69 Rue Principale	Salle polyvalente	Non	Fioul
70 Rue Principale	Logements	Oui	
70 A Rue Principale	Logements	Oui	
71 Rue Principale		Oui	
1 Rue Edmond Gerrer		Oui	
2 Rue Edmond Gerrer	Co-pro	Non	Chauffage électrique
3 Rue Edmond Gerrer		Oui	
4 Rue Edmond Gerrer		Non	Fioul
5 Rue Edmond Gerrer		Oui	
6 Rue Edmond Gerrer	Logements	Oui	
6A Rue Edmond Gerrer	Logements	Oui	

Annexe 3 : Grille de synthèse des résultats de l'étude

Date de rédaction : 03/09/2021

Bureau d'étude : PER

CHAUFFERIE CENTRALE BOIS

Unité		petit réseau de chaleur (variante A)		grand réseau de chaleur (variante B)	
		Référence A en € HT chaudières individuelles gaz	Solution bois A en € HT chaudière plaquettes bois 250 kW	Référence B en € HT chaudières individuelles gaz	Solution bois B en € HT chaudière plaquettes bois 300 kW
Bâtiments concernés		presbytère mairie collégiale Poste et logement école maternelle école élémentaire	presbytère mairie collégiale Poste et logement école maternelle école élémentaire	salle polyvalente presbytère mairie collégiale Poste et logement école maternelle école élémentaire	salle polyvalente presbytère mairie collégiale Poste et logement école maternelle école élémentaire
Type de combustible bois (forêt, industrie 1ère ou 2nde transformation, granulés)			plaquettes forestières		plaquettes forestières
Puissance bois	kW	-	250	-	300
Consommation bois	kWh/an	-	391 048	-	479 039
	MAP/an	-	460	-	564
	tonnes/an	-	115	-	141
Autres combustibles (gaz, FOD ...)		gaz	gaz	gaz	gaz
Puissance autres énergies	kW	375	409	435	409
Consommation autres énergies	kWh/an	320 583	19 273	374 701	23 609
Taux de couverture annuel bois	%	0%	95%	0%	95%
Longueur réseau de chaleur	m	-	348	-	639
Volume utile silo	m ³	-	38	-	38

Volume utile hangar stockage annuel, si prévu	m3	-	-	-	600
cahier des charges pour élaborer un contrat d'approvisionnement fourni ?		non	non	non	non
Types d'approvisionnements étudiés		-	prestataires locaux	-	prestataires locaux
Coût énergie bois entrée chaudière	€ HT /kWh	-	0,0309 €	-	0,0309 €
	€ HT / MAP	-	26,25 €	-	26,25 €
	€ HT / tonne	-	105,00 €	-	105,00 €
Coût autres énergies entrée chaudière					
- gaz	€ HT /kWh	0,0660 €	0,0660 €	0,0660 €	0,0660 €
		0,0527 €	0,0527 €	0,0527 €	0,0527 €
Coût P1	€ HT /an	19 556 €	14 044 €	23 215 €	17 204 €
Coût P2 + P3	€ HT /an	4 510 €	11 460 €	5 430 €	12 160 €
Recette vente de chaleur	€ HT /an				
Investissement	€ HT	119 050 €	504 752 €	163 900 €	651 580 €
Subventions Région Alsace + ADEME	€	-	222 503 €	-	284 031 €
Autofinancement	€ HT	119 050 €	282 249 €	163 900 €	367 549 €
Temps de retour brut avec subventions	ans	-		-	
Impact sur l'emploi		-	-	-	-
Economies de TEP/an			12,15		16,42
Emissions CO2 évitées	tonnes/an		28,47		38,47
Emissions SO2 évitées	kg/an		0,02		0,02
Atouts particuliers		coût de l'installation entretien faible	coût du combustible combustible neutre en CO2	coût de l'installation entretien faible	coût du combustible combustible neutre en CO2
Contraintes particulières		énergie fossile coût combustible	coût de la chaudière entretien	énergie fossile coût combustible	coût de la chaudière entretien

SALLE POLYVALENTE

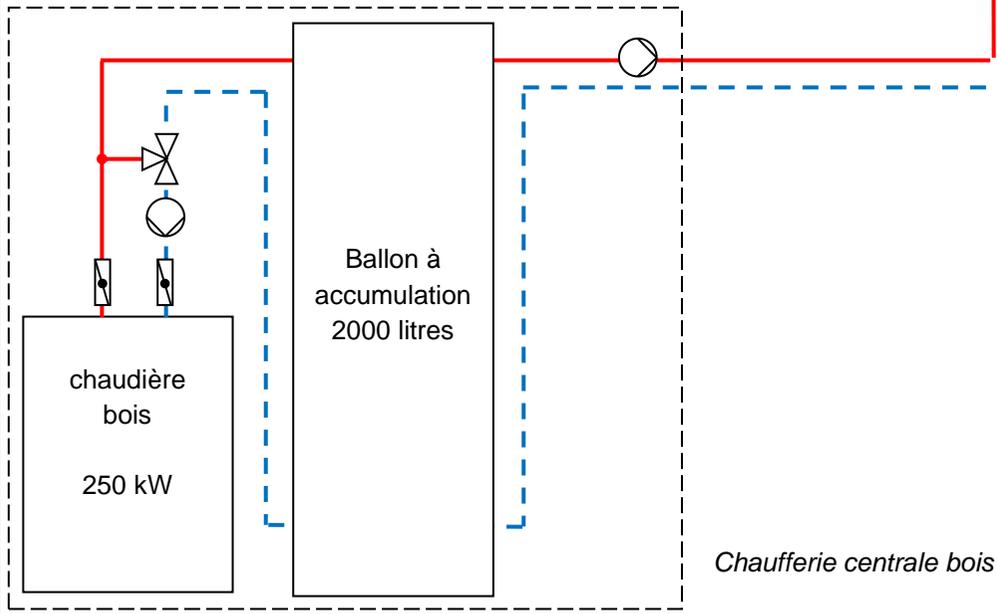
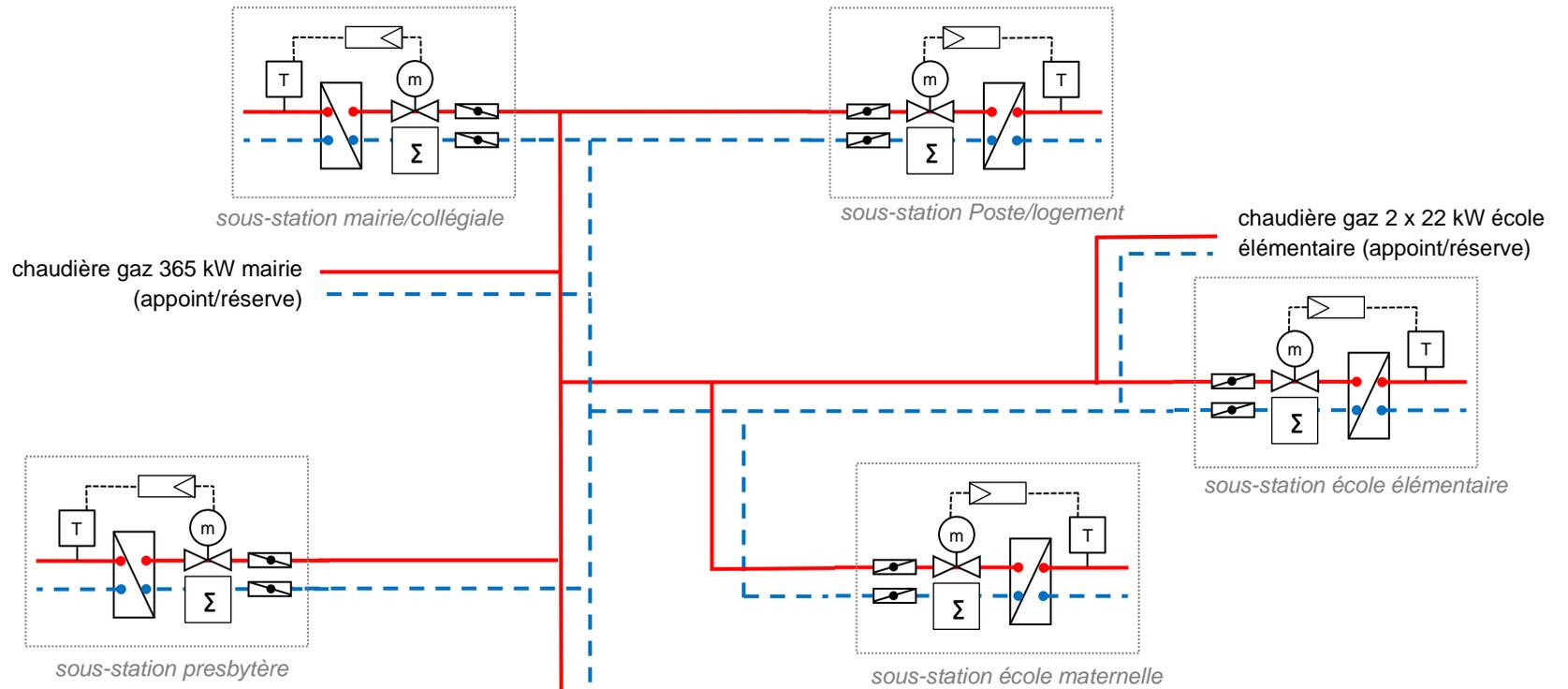
Unité		salle polyvalente (variantes C)		
		Référence en € HT chaudière gaz	Solution bois en € HT chaudière granulés 60 kW	Solution PAC réversible en € HT
Bâtiments concernés		salle polyvalente	salle polyvalente	salle polyvalente
Type de combustible bois (forêt, industrie 1ère ou 2nde transformation, granulés)			granulés bois	
Puissance bois	kW	-	60	-
Consommation bois	kWh/an	-	61 333	-
	MAP/an	-	19	-
	tonnes/an	-	13	-
Autres combustibles (gaz, FOD ...)		gaz	-	-
Puissance autres énergies	kW	60	-	-
Consommation autres énergies	kWh/an	54 118	-	-
Taux de couverture annuel bois	%	0%	100%	0%
Longueur réseau de chaleur	m	-	-	-
Volume utile silo	m ³	-	14	-
Volume utile hangar stockage annuel, si prévu	m ³	-	-	-
cahier des charges pour élaborer un contrat d'approvisionnement fourni ?		non	non	non
Types d'approvisionnements étudiés		-	prestataires locaux	-
Coût énergie bois entrée chaudière	€ HT /kWh	-	0,0455 €	-
	€ HT / MAP	-	144,95 €	-
	€ HT / tonne	-	223,00 €	-

Coût autres énergies entrée chaudière				
- gaz	€ HT /kWh	0,0660 €		
Coût P1	€ HT /an	3 658 €	2 987 €	2 441 €
Coût P2 + P3	€ HT /an	1 020 €	3 440 €	1 980 €
Recette vente de chaleur	€ HT /an			
Investissement	€ HT	44 850 €	103 968 €	91 656 €
Subventions Région Alsace + ADEME	€	-	43 681 €	-
Autofinancement	€ HT	44 850 €	60 287 €	91656
Temps de retour brut avec subventions	ans			
Impact sur l'emploi		-	-	-
Economies de TEP/an			4,64	
Emissions CO2 évitées	tonnes/an		10,86	
Emissions SO2 évitées	kg/an		0,01	
Atouts particuliers		coût de l'installation entretien faible	combustible neutre en CO2	entretien faible rafraichissement possible en été
Contraintes particulières		énergie fossile coût combustible	coût de la chaudière entretien augmentation possible du coût du granulé à l'avenir	coût de l'installation



Process Energies Renouvelables
58 route de Metz
57865 Amanvillers
T. +33 (0)3 87 61 89 78
E. info@per-ingenierie.fr
www.per-ingenierie.fr

Annexe 4 : Schéma de principe de l'installation de production de chaleur

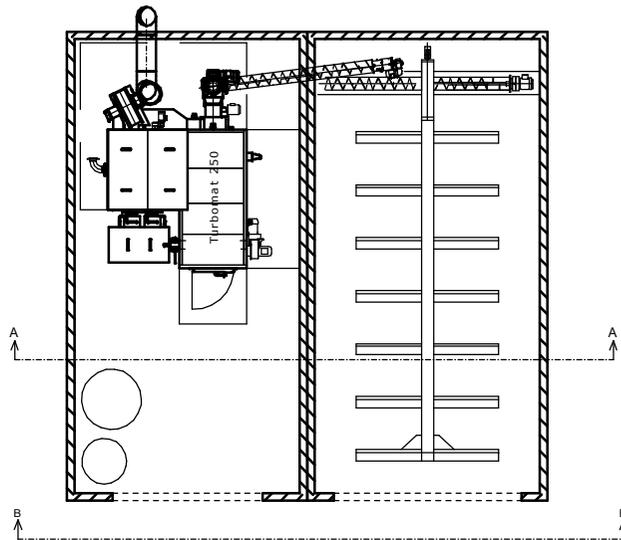
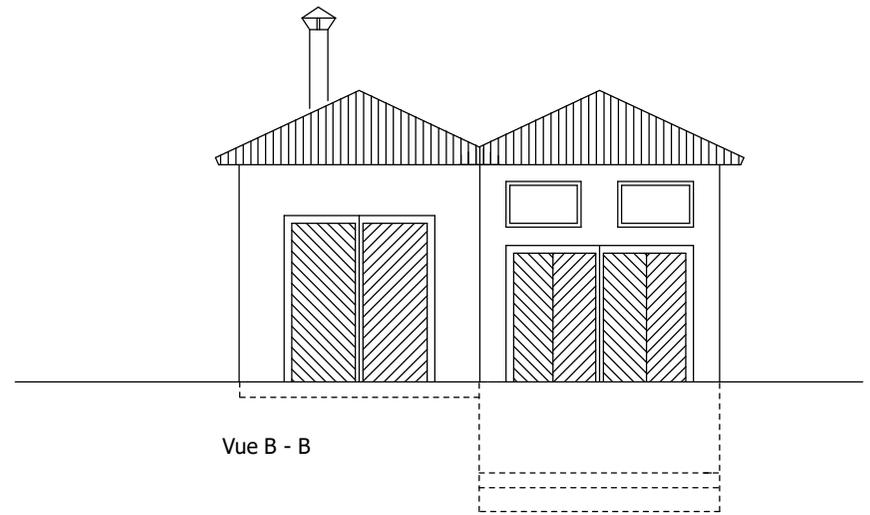
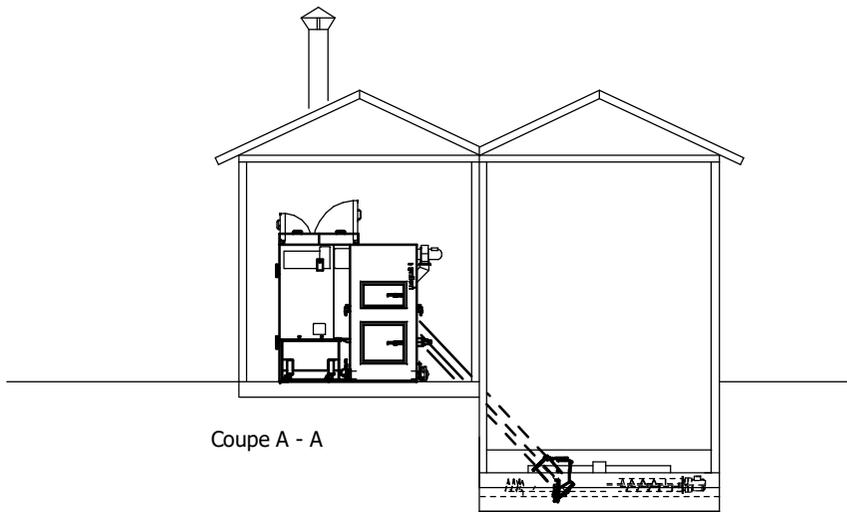


			Process Energies Renouvelables 58, route de Metz 57865 Amanvillers	
Projet Chaufferie centrale au bois Commune de Lautenbach		Reference	Echelle	
Intitulé Schéma de principe installation de chauffage 250 kW		Dessinateur EN	Date 18/06/2021	
		Vérification		

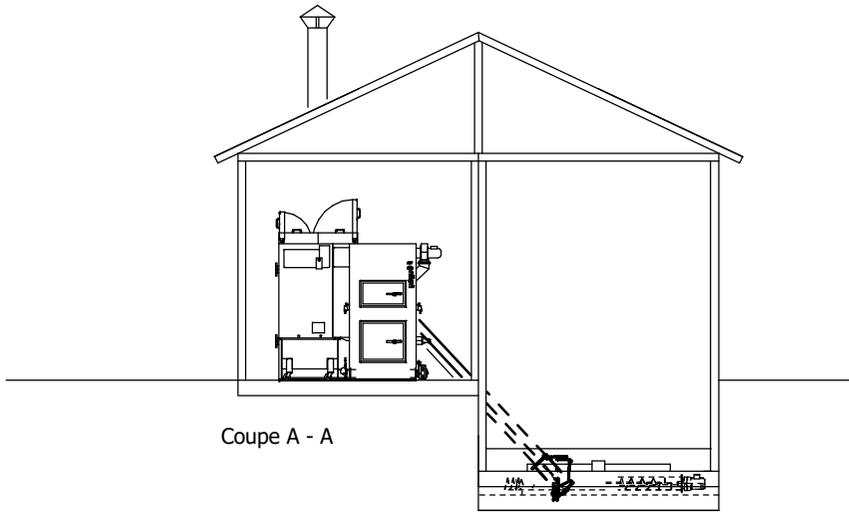


Process Energies Renouvelables
58 route de Metz
57865 Amanvillers
T. +33 (0)3 87 61 89 78
E. info@per-ingenierie.fr
www.per-ingenierie.fr

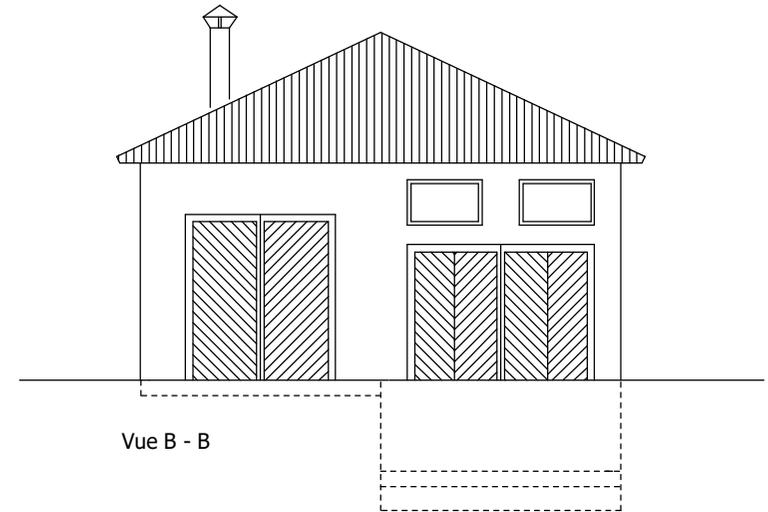
Annexe 5 : Plan de masse de la chaufferie bois – garages préfabriqués



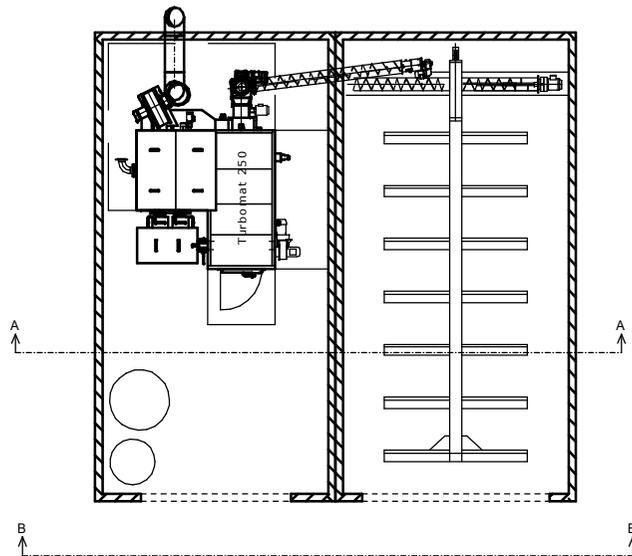
	Process Energies Renouvelables 58, route de Metz 57865 Amanvillers	
	Projet Chaudière centrale au bois Commune de Lautenbach	Reference
Intitulé Plan de masse - proposition 1 installation de chauffage 250 kW	Dessinateur HK	Date 18/06/2021
	Vérification	



Coupe A - A

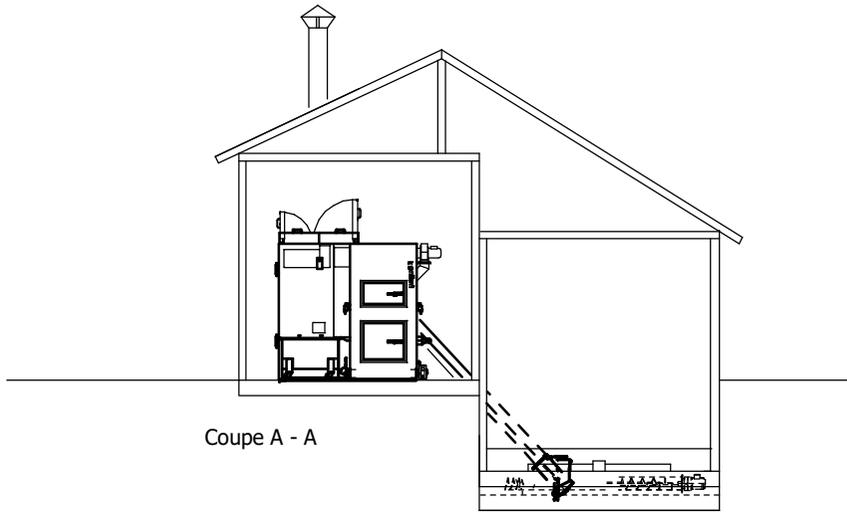


Vue B - B

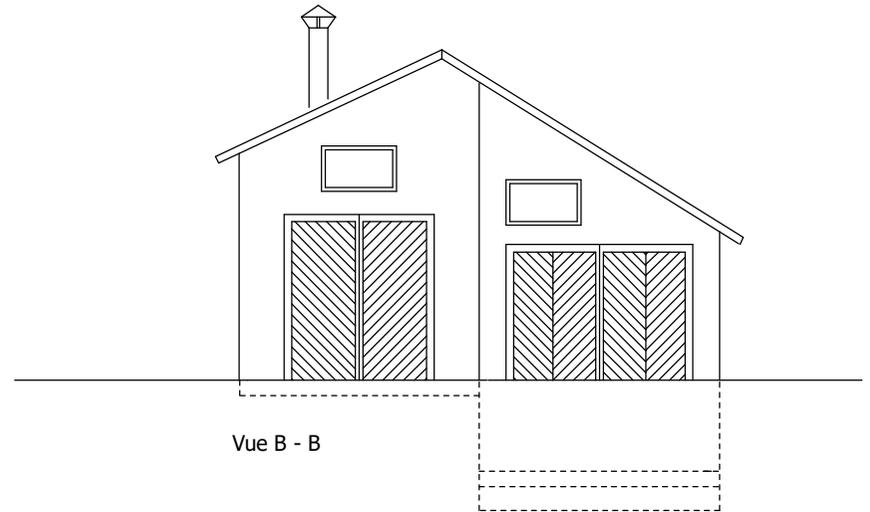


Plan de masse

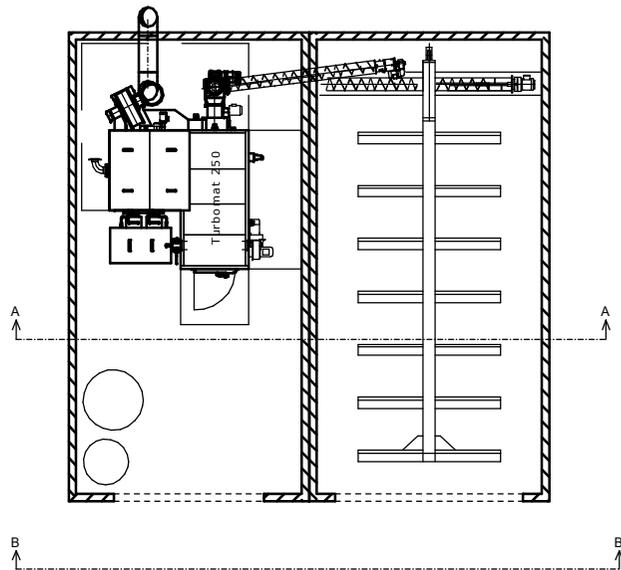
			Process Energies Renouvelables 58, route de Metz 57865 Amanvillers	
Projet Chaufferie centrale au bois Commune de Lautenbach		Reference	Echelle	
Intitulé Plan de masse - proposition 2 installation de chauffage 250 kW		Dessinateur HK	Date 18/06/2021	
		Vérification		



Coupe A - A



Vue B - B



Plan de masse

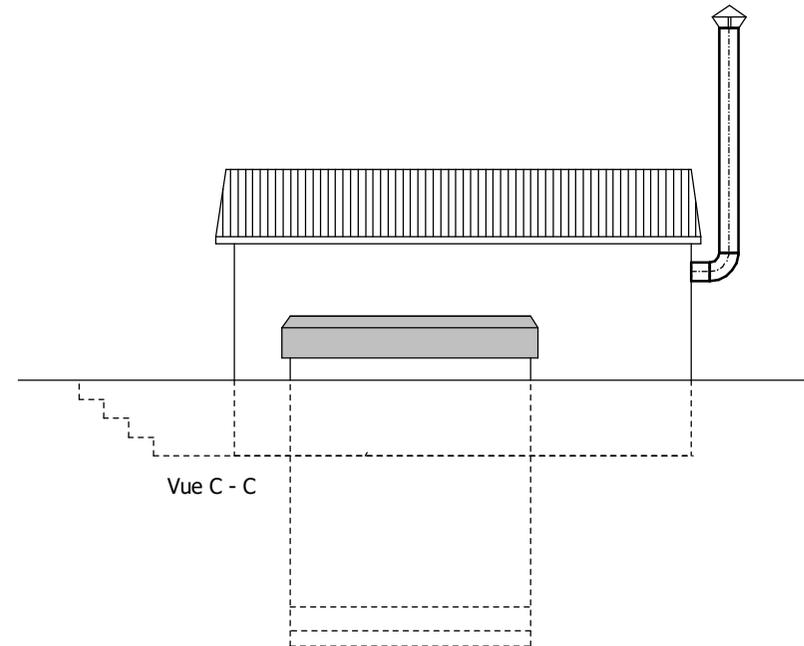
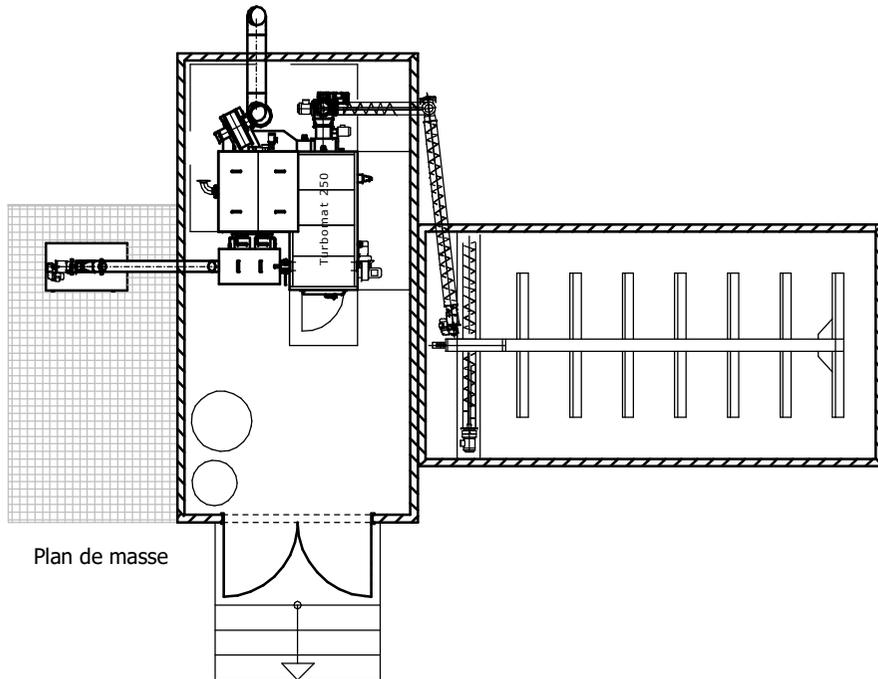
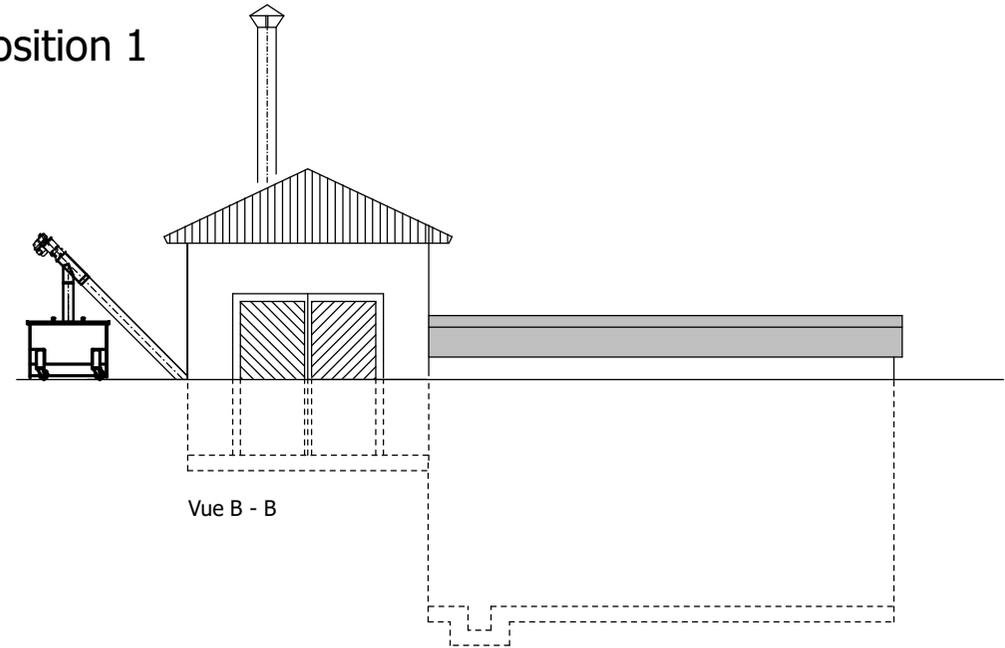
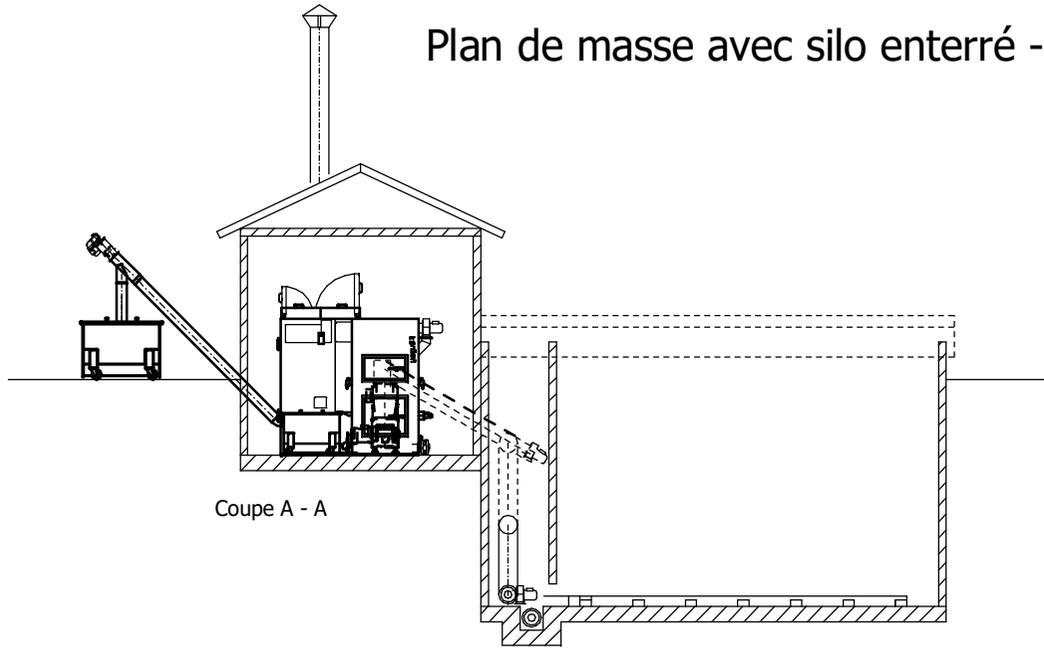
		Process Energies Renouvelables 58, route de Metz 57865 Amanvillers	
Projet Chaufferie centrale au bois Commune de Lautenbach		Reference	Echelle
Intitulé Plan de masse - proposition 3 installation de chauffage 250 kW		Dessinateur HK	Date 18/06/2021
		Vérification	



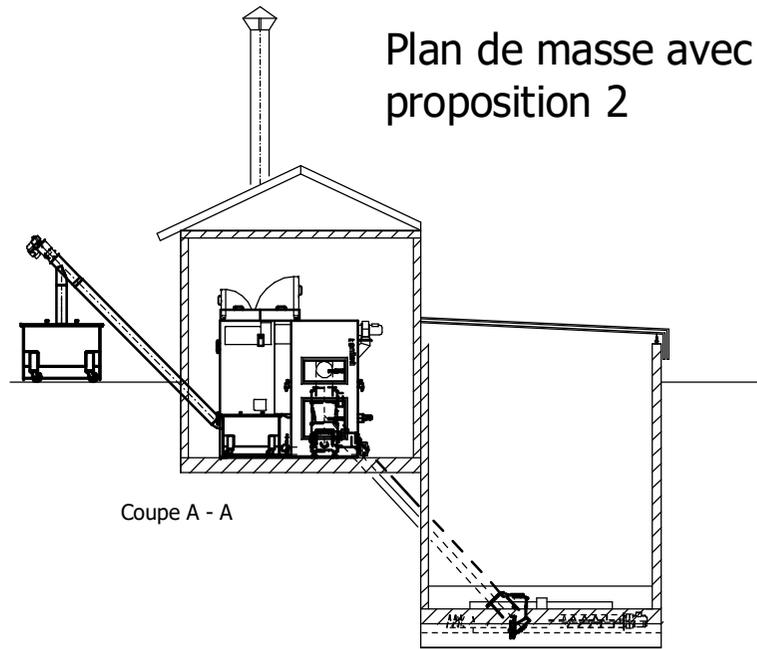
Process Energies Renouvelables
58 route de Metz
57865 Amanvillers
T. +33 (0)3 87 61 89 78
E. info@per-ingenierie.fr
www.per-ingenierie.fr

Annexe 6 : Plan de masse de la chaufferie bois – silo enterré

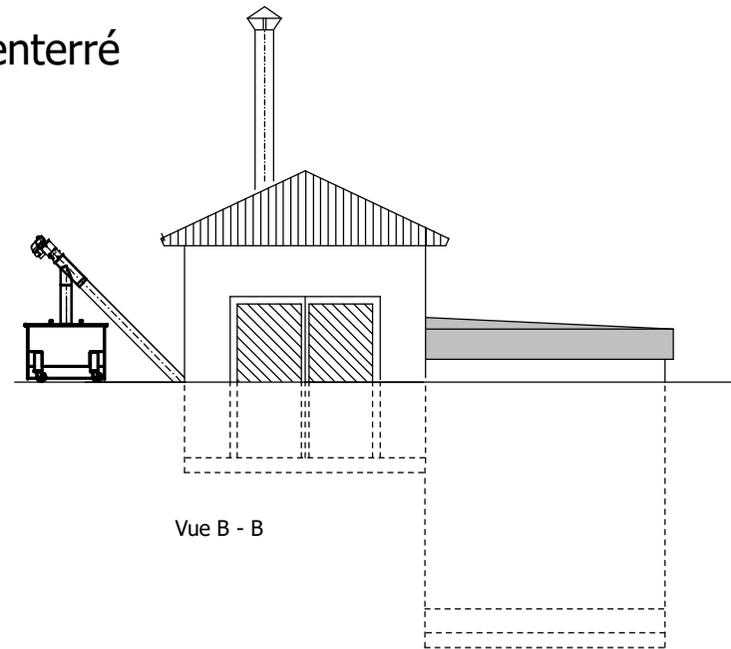
Plan de masse avec silo enterré - proposition 1



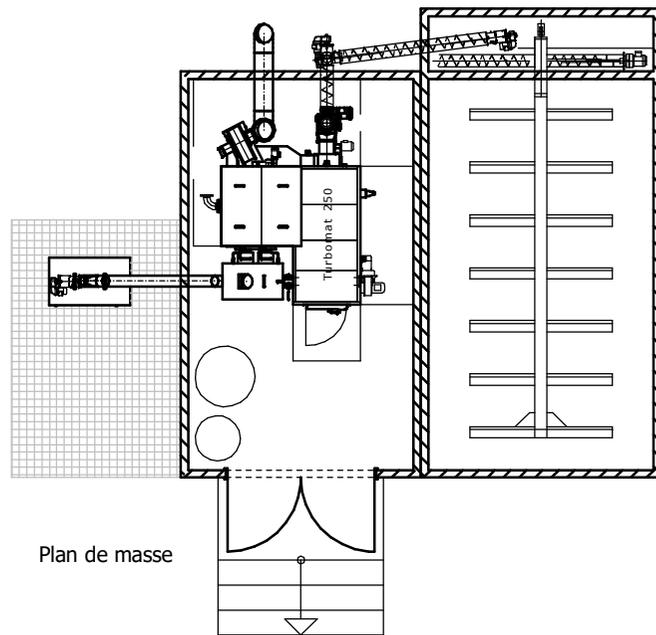
Plan de masse avec silo enterré proposition 2



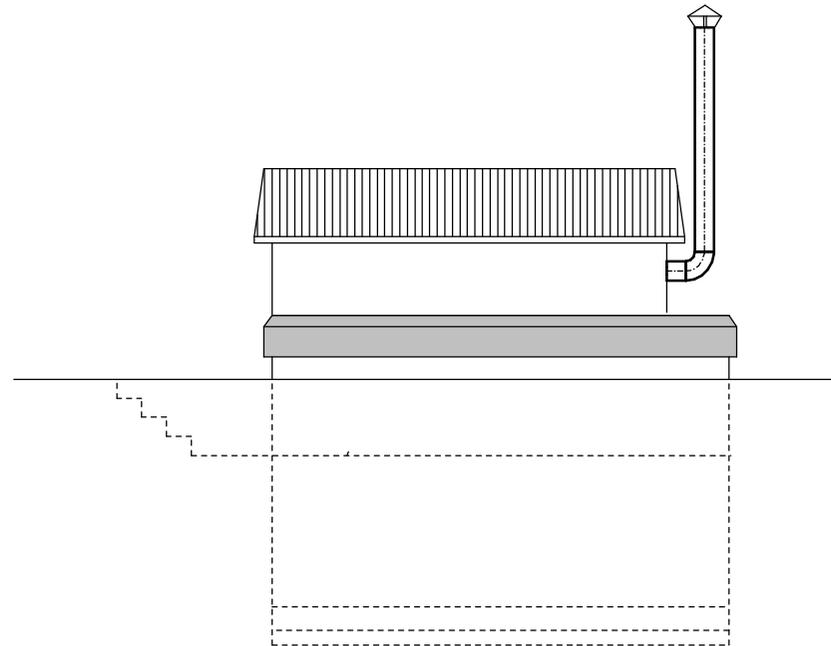
Coupe A - A



Vue B - B

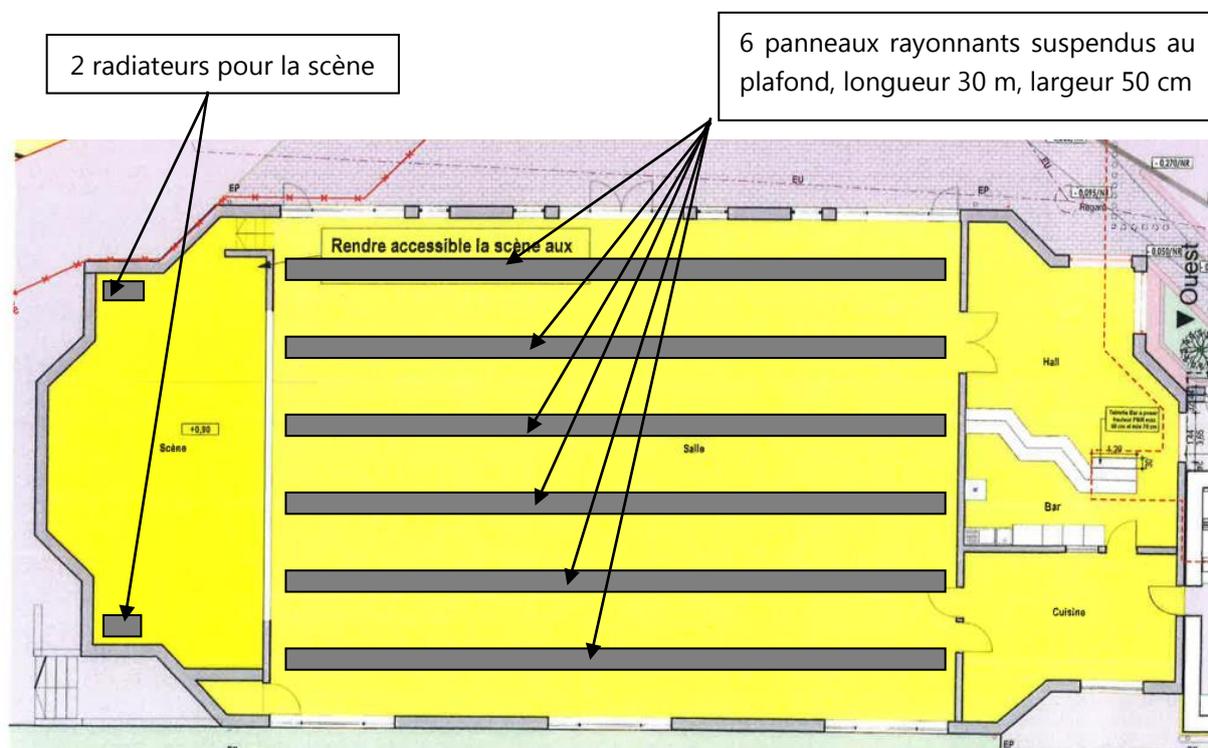


Plan de masse

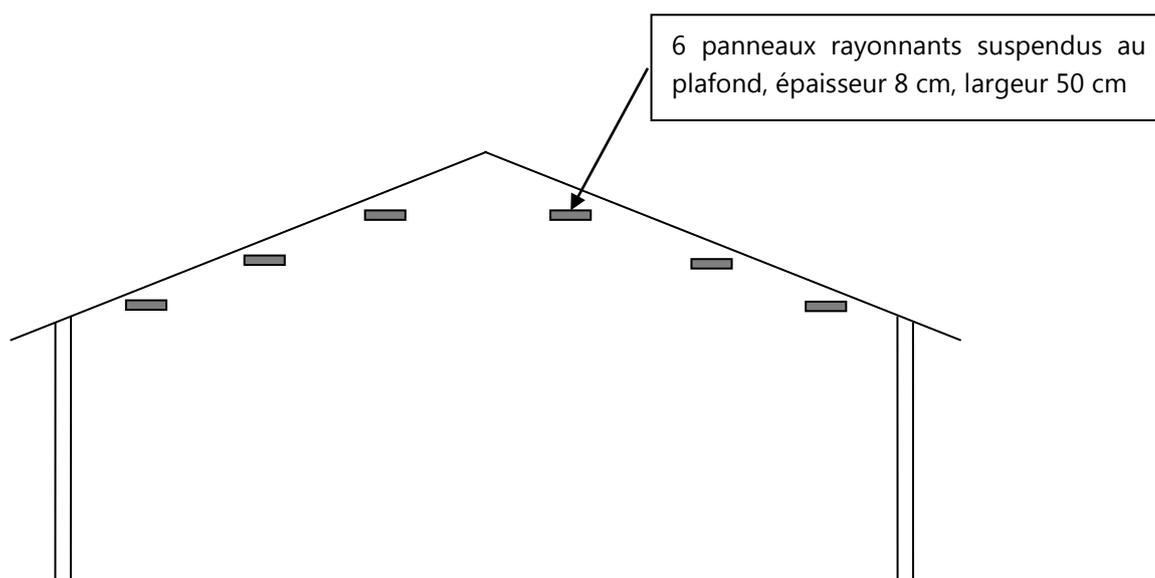


Vue C - C

Annexe 7 : Aperçu panneaux rayonnants salle polyvalente



Aperçu de l'implantation des panneaux rayonnants dans la salle polyvalente



Aperçu en coupe des panneaux rayonnants suspendus au plafond



Process Energies Renouvelables
58 route de Metz
57865 Amanvillers
T. +33 (0)3 87 61 89 78
E. info@per-ingenierie.fr
www.per-ingenierie.fr

Annexe 8 : Détails des investissements pour chaque solution

Installations de chauffage individuelles

Référence A

Remplacement des chaudières par des chaudières gaz à condensation (salle polyvalente hors périmètre)

Attention: tous les montants du documents sont HT

A) Investissement

Nature des travaux	Dist. [m] ou quantité	Prix unitaire H.T.	Prix total H.T.	Subvention H.T.
Gros oeuvre/terrassement/démolition et démontage				
1 Divers				
Enlèvement chaudière fioul bâtiment Poste	1	700 €	700 €	0 €
Enlèvement cuve fioul bâtiment Poste	1	1 800 €	1 800 €	0 €
Enlèvement chaudière gaz	4	700 €	2 800 €	0 €
<i>Sous total</i>			5 300 €	0 €
<i>Sous-total</i>			5 300 €	0 €

Chauffage/électricité/plomberie

1 Chaufferie bâtiment Poste

Nouvelle chaudière gaz à condensation 25 kW pour chauffage et ECS (ballon 200 litres)	1	8 500 €	8 500 €	0 €
Raccordement du bâtiment au réseau gaz	1	2 500 €	2 500 €	0 €
Raccordement chaudière au gaz	1	1 500 €	1 500 €	0 €
Raccordement sur distribution existante, avec pompe circulation et accessoires	1	2 600 €	2 600 €	0 €
Raccordement électrique	1	3 200 €	3 200 €	0 €
Isolation conduites chauffage	1	1 200 €	1 200 €	0 €
Tubage conduit de cheminée	1	2 750 €	2 750 €	0 €
Raccordement conduit de cheminée	1	400 €	400 €	0 €
Pompe évacuation des condensats, avec évacuation et raccordement électrique	1	500 €	500 €	0 €
Granulat de neutralisation des condensats	1	850 €	850 €	0 €
Nouveau vase d'expansion	1	450 €	450 €	0 €
Panoplie de remplissage eau	1	1 500 €	1 500 €	0 €
Mise en service	1	800 €	800 €	0 €
<i>Sous total</i>			26 750 €	0 €

2 Chaufferie Presbytère

Nouvelle chaudière gaz à condensation 50 kW pour chauffage et ECS (ballon 200 litres)	1	9 000 €	9 000 €	0 €
Raccordement sur distribution existante, avec pompe circulation et accessoires	1	2 000 €	2 000 €	0 €
Raccordement électrique	1	2 500 €	2 500 €	0 €
Isolation conduites chauffage	1	500 €	500 €	0 €
Tubage conduit de cheminée	1	2 000 €	2 000 €	0 €
Raccordement conduit de cheminée	1	300 €	300 €	0 €

Référence A

Pompe évacuation des condensats, avec évacuation et raccordement électrique	1	500 €	500 €	0 €
Granulat de neutralisation des condensats	1	750 €	750 €	0 €
Nouveau vase d'expansion	1	400 €	400 €	0 €
Panoplie de remplissage eau	1	1 500 €	1 500 €	0 €
Mise en service	1	800 €	800 €	0 €
<i>Sous total</i>			<i>20 250 €</i>	<i>0 €</i>

3 Chaufferie mairie/collégiale

Nouvelle chaudière gaz à condensation 230 kW	1	16 000 €	16 000 €	0 €
Raccordement sur distribution existante, avec pompe circulation et accessoires	1	2 000 €	2 000 €	0 €
Raccordement électrique	1	2 500 €	2 500 €	0 €
Isolation conduites chauffage	1	500 €	500 €	0 €
Tubage conduit de cheminée	1	2 000 €	2 000 €	0 €
Raccordement conduit de cheminée	1	300 €	300 €	0 €
Pompe évacuation des condensats, avec évacuation et raccordement électrique	1	500 €	500 €	0 €
Granulat de neutralisation des condensats	1	750 €	750 €	0 €
Nouveau vase d'expansion	1	400 €	400 €	0 €
Panoplie de remplissage eau	1	1 500 €	1 500 €	0 €
Mise en service	1	800 €	800 €	0 €
<i>Sous total</i>			<i>27 250 €</i>	<i>0 €</i>

4 Chaufferie école maternelle

Nouvelle chaudière gaz à condensation 35 kW	1	8 500 €	8 500 €	0 €
Raccordement sur distribution existante, avec pompe circulation et accessoires	1	2 000 €	2 000 €	0 €
Raccordement électrique	1	2 500 €	2 500 €	0 €
Isolation conduites chauffage	1	500 €	500 €	0 €
Tubage conduit de cheminée	1	2 000 €	2 000 €	0 €
Raccordement conduit de cheminée	1	300 €	300 €	0 €
Pompe évacuation des condensats, avec évacuation et raccordement électrique	1	500 €	500 €	0 €
Granulat de neutralisation des condensats	1	750 €	750 €	0 €
Nouveau vase d'expansion	1	400 €	400 €	0 €
Panoplie de remplissage eau	1	1 500 €	1 500 €	0 €
Mise en service	1	800 €	800 €	0 €
<i>Sous total</i>			<i>19 750 €</i>	<i>0 €</i>

5 Chaufferie école élémentaire

Nouvelle chaudière gaz à condensation 35 kW	1	8 500 €	8 500 €	0 €
Raccordement sur distribution existante, avec pompe circulation et accessoires	1	2 000 €	2 000 €	0 €
Raccordement électrique	1	2 500 €	2 500 €	0 €
Isolation conduites chauffage	1	500 €	500 €	0 €
Tubage conduit de cheminée	1	2 000 €	2 000 €	0 €
Raccordement conduit de cheminée	1	300 €	300 €	0 €
Pompe évacuation des condensats, avec évacuation et raccordement électrique	1	500 €	500 €	0 €
Granulat de neutralisation des condensats	1	750 €	750 €	0 €
Nouveau vase d'expansion	1	400 €	400 €	0 €
Panoplie de remplissage eau	1	1 500 €	1 500 €	0 €
Mise en service	1	800 €	800 €	0 €

Référence A

Sous total 19 750 € 0 €

Sous-total 113 750 € 0 €

Total travaux: 119 050 € 0 €

Planification en pourcentage du total: 0% 0 €

Subventions

Montant concerné par les subventions 0 €

Subventions Région Grand Est/ADEME 0% 0 €

Total subventions 0 €

Reste à financer 119 050 €

Emprunt :

Montant	Durée	Taux	mensualité	annuité	Coût du crédit
119 050 €	15	1,600%	749 €	8 990 €	15 802 €

Montant	Durée	Taux	mensualité	annuité	Coût du crédit
119 050 €	20	2,200%	618 €	7 422 €	29 390 €

Coût annuel (P4) : 7 422 €

B) Coût d'exploitation

Estimation des frais de conduite et de petit entretien (poste P2)

	Quantité	Coût	Total
1. Maintenance chaudière gaz	5	350 €	1 750 €
2. Personnel	5	0 €	0 €
Réparateur	5	180 €	900 €
3. Ramoneur	5	70 €	350 €
4. Assurances	1	500 €	500 €
5. Récupération des cendres	1	0 €	0 €

Coût du petit entretien (P2) : 3 500 €

Estimation des frais de gros entretien et de réparations (poste P3)

Base de calcul pour le gros entretien et les réparations : 50 500 €

2,00% de la base de calcul **Coût du gros entretien (P3) :** 1 010 €

C) Coût en combustible

Bâtiments			Besoins kWh/an	Puissance nécessaire kW	Puissance gaz kW
	gaz	Bâtiment Poste	26 982	25	25
	gaz	Presbytère	62 150	50	50
	gaz	Mairie/collégiale	164 270	230	230
	gaz	Ecole maternelle	39 019	35	35
	gaz	Ecole élémentaire	36 169	35	35
gaz			328 590	375	375

Gaz (hors mairie/collégiale) :

	Puissance chaudière :	145 kW	
	Prix du gaz :	0,0660 €/kWh HT	<i>prix juin 2020 gaz naturel tranche D2 (source SOeS)</i>
	Rendement de la chaudière :	102%	0,079224 €/kWh TTC
	Couverture des besoins annuel par la chaudière gaz :	100%	20% TVA
	Pertes dans le réseau :	0 kWh/an	
	Besoin total en chaleur :	164 320 kWh/an	
	soit selon le taux de couverture de la chaudière :	164 320 kWh/an	
Pour	164 320 kWh il faut consommer :	161 098 kWh	
	Ce qui donne un coût de :	10 636 €	
			soit un total par an de 10 636 €

Gaz (mairie/collégiale) :

	Puissance chaudière :	230 kW	
	Prix du gaz :	0,0527 €/kWh HT	<i>prix juin 2020 gaz naturel tranche D2 (source SOeS)</i>
	Rendement de la chaudière :	103%	0,063294 €/kWh TTC
	Couverture des besoins annuel par la chaudière gaz :	100%	20% TVA
	Pertes dans le réseau :	0 kWh/an	
	Besoin total en chaleur :	164 270 kWh/an	
	soit selon le taux de couverture de la chaudière :	164 270 kWh/an	
Pour	164 270 kWh il faut consommer :	159 485 kWh	
	Ce qui donne un coût de :	8 412 €	
			soit un total par an de 8 412 €

Coût en électricité pour la chaudière :

Part d'énergie électrique pour le fonctionnement de la chaudière :	1,00%
Energie fournie par la chaudière [kWh/an] :	328 590
Consommation pour le fonctionnement de la chaudière [kWh/an] :	3 286
Prix du kWh (€ HT) :	0,1547 <i>prix juin 2020, tarif moyen toutes tranches (source SOeS)</i>
Coût électricité (€ HT/an) :	508 0,185699 €/kWh TTC
	20% TVA

Coût en électricité (€ HT /an) :**508 €****Coût des consommations (P1) :** **19 556 €****Coût total annuel (P1+P2+P3+P4) : 31 488 €**

Equivalence énergétique 1 TEP: 11 628 kWh

Données gaz naturel

PCI :	10,600 kWh / kg
Masse de CO2 en t / t de combustible :	2,128
Masse de SO2 en kg / kg de combustible :	1,204E-06
Quantité en tonnes pour une TEP :	1,101
Besoins en chaleur :	164 270 kWh/an
Consommation selon rendement :	161 098 kWh/an
Equivalence en gaz :	15 198 kg
CO2 émis :	32,34 t de CO2
SO2 émis :	0,018 kg
TEP :	13,80

Chaufferie centrale aux plaquettes bois**Solution bois A**

**Nouvelle chaufferie centrale et petit réseau de chaleur
Chaudière aux plaquettes bois de 250 kW**

Attention: tous les montants du documents sont HT

A) Investissement

Nature des travaux	Dist. [m] ou quantité	Prix unitaire H.T.	Prix total H.T.	Subvention H.T.
<u>Gros oeuvre/terrassement/démolition et démontage</u>				
1 Chaufferie et silo				
Préparation chantier et mise en sécurité	1	3 000 €	3 000 €	3 000 €
Permis de construire	1	5 000 €	5 000 €	5 000 €
Fourniture et pose de deux garages préfabriqués en béton armé	1	40 000 €	40 000 €	40 000 €
Fondation pour deux garages accolés	1	17 000 €	17 000 €	17 000 €
Habillage murs garages, création toiture avec tuiles, selon recommandation architecte pour intégration dans périmètre de protection des bâtiments historiques	1	20 000 €	20 000 €	20 000 €
Modification clôture pour accès aux garages depuis parking, nouveau portail	1	6 000 €	6 000 €	6 000 €
Ventilation haute et basse chaufferie, bac sable, extincteurs	1	2 000 €	2 000 €	2 000 €
Cheminée	1	8 000 €	8 000 €	8 000 €
Passage toiture pour cheminée	1	1 200 €	1 200 €	1 200 €
Raccordement eau	1	2 000 €	2 000 €	2 000 €
Raccordement électricité	1	4 000 €	4 000 €	4 000 €
Raccordement internet	1	800 €	800 €	800 €
Evacuation eau	1	2 500 €	2 500 €	2 500 €
<i>Sous total</i>			<i>111 500 €</i>	<i>111 500 €</i>
2 Carottages				
Chaufferie centrale	2	250 €	500 €	500 €
Presbytère	1	250 €	250 €	250 €
Mairie	1	250 €	250 €	250 €
Bâtiment Poste	1	250 €	250 €	250 €
Ecole maternelle	1	250 €	250 €	250 €
Ecole élémentaire	2	250 €	500 €	500 €
Passage câble de données dans bâtiment, avec joint d'étanchéité	6	130 €	780 €	780 €
<i>Sous total</i>			<i>2 780 €</i>	<i>2 780 €</i>
3 Tranchées				
Tranchée pour raccordement presbytère - espace vert	41	150 €	6 150 €	6 150 €
Tranchée autour presbytère - espace vert	47	150 €	7 050 €	7 050 €
Tranchée pour raccordement mairie - espace vert	20	150 €	3 000 €	3 000 €
Tranchée pour raccordement mairie - voirie	37	330 €	12 210 €	12 210 €
Tranchée pour raccordement bâtiment Poste	59	330 €	19 470 €	19 470 €
Tranchée vers écoles - espace vert	15	150 €	11 850 €	11 850 €
Tranchée vers écoles - voirie	79	330 €	5 280 €	5 280 €

Solution bois A

Tranchée pour raccordement école maternelle	16	330 €	5 280 €	5 280 €
Tranchée pour raccordement école élémentaire	34	330 €	11 220 €	11 220 €
<i>Sous total</i>			<i>81 510 €</i>	<i>81 510 €</i>

4 Divers

Enlèvement chaudière fioul bâtiment Poste	1	700 €	700 €	0 €
Enlèvement cuve fioul bâtiment Poste	1	1 800 €	1 800 €	0 €
Enlèvement chaudière gaz Presbytère et école maternelle	2	700 €	1 400 €	0 €
<i>Sous total</i>			<i>3 900 €</i>	<i>0 €</i>

Sous-total

199 690 € 195 790 €

Chauffage/électricité/plomberie

1 Conduites isolées

Conduite double réseau de chaleur DN 20	59	60 €	3 540 €	3 540 €
Conduite double réseau de chaleur DN 25	59	65 €	3 835 €	3 835 €
Conduite double réseau de chaleur DN 32	94	70 €	6 580 €	6 580 €
Conduite double réseau de chaleur DN 50	57	75 €	4 275 €	4 275 €
Conduite double réseau de chaleur DN 65	79	95 €	7 505 €	7 505 €
Conduite double réseau de chaleur DN 25, pose dans l'école élémentaire, avec isolation	20	110 €	2 200 €	2 200 €
Habillage conduites dans l'école élémentaire	1	2 000 €	2 000 €	2 000 €
Câble de communication dans fourreau	368	5 €	1 840 €	1 840 €
<i>Sous total</i>			<i>31 775 €</i>	<i>31 775 €</i>

2 Nouvelle chaufferie bois

Fourniture et pose d'une chaudière automatique aux plaquettes bois 250 kW	1	65 000 €	65 000 €	65 000 €
Fourniture et pose du fond mouvant silo	1	22 000 €	22 000 €	22 000 €
Compteur d'énergie en sortie chaudière bois	1	900 €	900 €	900 €
Pompe sur départ réseau, régulée électroniquement	1	2 500 €	2 500 €	2 500 €
Ballon à accumulation 2000 litres	1	1 500 €	1 500 €	1 500 €
Raccordement hydraulique, isolation de l'ensemble des conduites en chaufferie, revêtement plastique	1	15 000 €	15 000 €	15 000 €
Raccordement électrique	1	22 000 €	22 000 €	22 000 €
Mise en service de l'installation	1	2 000 €	2 000 €	2 000 €
Régulation centralisée de l'installation	1	30 000 €	30 000 €	30 000 €
<i>Sous total</i>			<i>160 900 €</i>	<i>160 900 €</i>

3 Sous-stations

Ecole élémentaire échangeur de chaleur 35 kW, fourniture et pose	1	5 500 €	5 500 €	5 500 €
Ecole maternelle échangeur de chaleur 35 kW, fourniture et pose	1	5 500 €	5 500 €	5 500 €
Presbytère échangeur de chaleur 50 kW, fourniture et pose	1	8 000 €	8 000 €	8 000 €
Mairie/collégiale échangeur de chaleur 230 kW, fourniture et pose	1	14 000 €	14 000 €	14 000 €
Bâtiment Poste échangeur de chaleur 25 kW, 1 compteur de calories, fourniture et pose	1	5 000 €	5 000 €	5 000 €

Solution bois A

Pompe à chaleur thermodynamique air/eau pour production d'ECS, avec échangeur de chaleur intégré connecté sur réseau de chaleur, 300 litres (bâtiment Poste et Presbytère), fourniture et pose	2	3 200 €	6 400 €	0 €
Ecole élémentaire travaux pour raccordement chaudière gaz sur réseau	1	3 000 €	3 000 €	3 000 €
Mairie travaux pour raccordement chaudière gaz sur réseau	1	3 000 €	3 000 €	3 000 €
Sous total			50 400 €	44 000 €
Sous-total			243 075 €	236 675 €

Total travaux:	442 765 €	432 465 €
-----------------------	------------------	------------------

Planification en pourcentage du total:	14%	61 987 €
---	-----	-----------------

Subventions

Montant concerné par les subventions		494 452 €
Subventions Région Grand Est/ADEME	45%	222 503 €

Total subventions	222 503 €
--------------------------	------------------

Reste à financer	282 249 €
-------------------------	------------------

Emprunt :

Montant	Durée	Taux	mensualité	annuité	Coût du crédit
282 249 €	15	1,600%	1 776 €	21 314 €	37 465 €
282 249 €	20	2,200%	1 466 €	17 596 €	69 678 €
Coût annuel (P4) :					17 596 €

B) Coût d'exploitation

Estimation des frais de conduite et de petit entretien (poste P2)

	Quantité	Coût	Total
1. Maintenance chauffage gaz	2	350 €	700 €
Maintenance chauffage plaquettes bois	1	1 500 €	1 500 €
2. Personnel	1	3 700 €	3 700 €
Réparateur	1	1 200 €	1 200 €
Temps ouvrier communal et matériel pour pousser plaquettes dans silo après livraison, 16 livraisons dans l'année, 1 heure par livraison	16	100 €	1 600 €
3. Ramoneur	3	70 €	210 €
4. Assurances	1	1 000 €	1 000 €
5. Récupération des cendres	1	250 €	250 €

Solution bois A

Coût du petit entretien (P2) : 10 160 €

Estimation des frais de gros entretien et de réparations (poste P3)

Base de calcul pour le gros entretien et les réparations : 65 000 €

2,00% de la base de calcul

Coût du gros entretien (P3) : 1 300 €

C) Coût en combustible

Bâtiments		Besoins kWh/an	Puissance nécessaire kW	Puissance gaz kW	Puissance bois kW
bois	Chaufferie centrale				250
	Bâtiment Poste	26 982	25		
	Presbytère	62 150	50		
gaz	Mairie/collégiale	164 270	230	365	
	Ecole maternelle	39 019	35		
gaz	Ecole élémentaire	36 169	35	44	
TOTAL		328 590	375	409	250

Plaquette bois :

Puissance chaudière :	250 kW
Équivalence énergétique :	850 kWh / map
Densité :	250 kg/m ³
Prix :	26,25 €/map
Rendement de la chaudière :	85%
Production des besoins annuel par la chaudière bois :	95%
Perte dans le réseau :	21 295 kWh/an
Besoin total en chaleur :	349 885 kWh/an
soit selon le taux de couverture de la chaudière	332 391 kWh/an
Pour 332 391 kWh il faut consommer :	391 048 kWh
soit	460 map
soit	115 to
Ce qui donne un coût de :	12 076 €
	0,0309 €/kWh
soit un total par an de	12 076 €

Coût en électricité pour la chaudière :

Part d'énergie électrique pour le fonctionnement de la chaudière :	1,70%
Energie fournie par la chaudière [kWh/an] :	332 391
Consommation pour le fonctionnement de la chaudière [kWh/a] :	5 651
Prix du kWh (€) :	0,1547 <i>prix juin 2020, tarif moyen toutes tranches (source SOeS)</i>
Coût en électricité (€/an) :	874 €

**Gaz :
Mairie**

Puissance chaudière :	365 kW
Prix du gaz :	0,0527 € HT / kWh <i>prix juin 2020 gaz naturel tranche D2 (source SOeS)</i>
Rendement de la chaudière :	90%
Production des besoins annuel par la chaudière gaz :	4,00%
Perte dans le réseau :	21 295
Besoin total en chaleur :	349 885 kWh/an
soit selon le taux de couverture de la chaudière	13 995 kWh/an

Solution bois A

Pour	13 995	kWh il faut consommer :	15 550 kWh	
		Ce qui donne un coût de :	820 €	
Ecole		Puissance chaudière :	44 kW	
élémentaire		Prix du gaz :	0,0660 € HT / kWh	<i>prix juin 2020 gaz naturel tranche D2 (source SOeS)</i>
		Rendement de la chaudière :	94%	
		Production des besoins annuel par la chaudière gaz :	1,00%	
		Perte dans le réseau :	21 295	
		Besoin total en chaleur :	349 885 kWh/an	
		soit selon le taux de couverture de la chaudière	3 499 kWh/an	
Pour	3 499	kWh il faut consommer :	3 722 kWh	
		Ce qui donne un coût de :	246 €	
				soit un total par an de 1 066 €

Coût en électricité pour la chaudière :

Part d'énergie électrique pour le fonctionnement de la chaudière :	1,00%
Energie fournie par la chaudière [kWh/an] :	17 494
Consommation pour le fonctionnement de la chaudière [kWh/a] :	175
Prix du kWh (€) :	0,1547 <i>prix juin 2020, tarif moyen toutes tranches (source SOeS)</i>
Coût en électricité (€/an) :	27 €

Coût des consommations (P1) : **14 044 €**

Coût total annuel (P1+P2+P3+P4) **43 100 €**

Equivalence énergétique **1 TEP :** 11 628 kWh

Données plaquette bois

Densité :	250 kg/m ³
Hygrométrie :	25,00%
PCI :	3,400 kWh / kg
Besoins en chaleur :	332 391 kWh/an
Consommation selon rendement :	391 048 kWh/an
Equivalence en plaquette :	460 map
CO2 émis :	t de CO2
SO2 émis :	kg
TEP :	33,63

Données silo

Autonomie par -15°C [j]	4,5 jours
Puissance chaudière bois en fonctionnement :	250 kW
Consommation par jour à -15°C :	6 000 kWh
Selon le rendement de la chaudière :	7 059 kWh
soit pour l'autonomie souhaitée :	37 map
Hauteur du silo :	3,0 m
Longueur :	6,0 m
Largeur :	3,0 m
Volume :	54,00 m ³
Volume utile (70% volume total) :	37,80 m ³

Solution bois A

Données gaz naturel

PCI :	10,600 kWh / kg
Masse de CO2 en t / t de combustible :	2,128
Masse de SO2 en kg / kg de combustible :	1,204E-06
Quantité en tonnes pour une TEP :	1,101
Besoins en chaleur :	17 494 kWh/an
Consommation selon rendement :	19 273 kWh/an
Equivalence en gaz :	1 818 kg
CO2 émis :	3,87 t de CO2
SO2 émis :	0,002 kg
TEP :	1,65

Installations de chauffage individuelles

Référence B

Remplacement des chaudières par des chaudières gaz à condensation, salle polyvalente dans le périmètre

Attention: tous les montants du documents sont HT

A) Investissement

Nature des travaux	Dist. [m] ou quantité	Prix unitaire H.T.	Prix total H.T.	Subvention H.T.
Gros oeuvre/terrassement/démolition et démontage				
1 Divers				
Enlèvement chaudière fioul bâtiment Poste	1	700 €	700 €	0 €
Enlèvement cuve fioul bâtiment Poste	1	1 800 €	1 800 €	0 €
Enlèvement chaudière gaz	4	700 €	2 800 €	0 €
Enlèvement chaudière fioul salle polyvalente	1	1 500 €	1 500 €	0 €
Enlèvement cuves fioul salle polyvalente	3	1 800 €	5 400 €	0 €
<i>Sous total</i>			12 200 €	0 €
<i>Sous-total</i>			12 200 €	0 €

Chauffage/électricité/plomberie

1 Chaufferie bâtiment Poste				
Nouvelle chaudière gaz à condensation 25 kW pour chauffage et ECS (ballon 200 litres)	1	8 500 €	8 500 €	0 €
Raccordement du bâtiment au réseau gaz	1	2 500 €	2 500 €	0 €
Raccordement chaudière au gaz	1	1 500 €	1 500 €	0 €
Raccordement sur distribution existante, avec pompe circulation et accessoires	1	2 600 €	2 600 €	0 €
Raccordement électrique	1	3 200 €	3 200 €	0 €
Isolation conduites chauffage	1	1 200 €	1 200 €	0 €
Tubage conduit de cheminée	1	2 750 €	2 750 €	0 €
Raccordement conduit de cheminée	1	400 €	400 €	0 €
Pompe évacuation des condensats, avec évacuation et raccordement électrique	1	500 €	500 €	0 €
Granulat de neutralisation des condensats	1	850 €	850 €	0 €
Nouveau vase d'expansion	1	450 €	450 €	0 €
Panoplie de remplissage eau	1	1 500 €	1 500 €	0 €
Mise en service	1	800 €	800 €	0 €
<i>Sous total</i>			26 750 €	0 €
2 Chaufferie Presbytère				
Nouvelle chaudière gaz à condensation 50 kW pour chauffage et ECS (ballon 200 litres)	1	9 000 €	9 000 €	0 €
Raccordement sur distribution existante, avec pompe circulation et accessoires	1	2 000 €	2 000 €	0 €
Raccordement électrique	1	2 500 €	2 500 €	0 €
Isolation conduites chauffage	1	500 €	500 €	0 €

Référence B

Tubage conduit de cheminée	1	2 000 €	2 000 €	0 €
Raccordement conduit de cheminée	1	300 €	300 €	0 €
Pompe évacuation des condensats, avec évacuation et raccordement électrique	1	500 €	500 €	0 €
Granulat de neutralisation des condensats	1	750 €	750 €	0 €
Nouveau vase d'expansion	1	400 €	400 €	0 €
Panoplie de remplissage eau	1	1 500 €	1 500 €	0 €
Mise en service	1	800 €	800 €	0 €
<i>Sous total</i>			<i>20 250 €</i>	<i>0 €</i>

3 Chaufferie mairie/collégiale

Nouvelle chaudière gaz à condensation 230 kW	1	16 000 €	16 000 €	0 €
Raccordement sur distribution existante, avec pompe circulation et accessoires	1	2 000 €	2 000 €	0 €
Raccordement électrique	1	2 500 €	2 500 €	0 €
Isolation conduites chauffage	1	500 €	500 €	0 €
Tubage conduit de cheminée	1	2 000 €	2 000 €	0 €
Raccordement conduit de cheminée	1	300 €	300 €	0 €
Pompe évacuation des condensats, avec évacuation et raccordement électrique	1	500 €	500 €	0 €
Granulat de neutralisation des condensats	1	750 €	750 €	0 €
Nouveau vase d'expansion	1	400 €	400 €	0 €
Panoplie de remplissage eau	1	1 500 €	1 500 €	0 €
Mise en service	1	800 €	800 €	0 €
<i>Sous total</i>			<i>27 250 €</i>	<i>0 €</i>

4 Chaufferie école maternelle

Nouvelle chaudière gaz à condensation 35 kW	1	8 500 €	8 500 €	0 €
Raccordement sur distribution existante, avec pompe circulation et accessoires	1	2 000 €	2 000 €	0 €
Raccordement électrique	1	2 500 €	2 500 €	0 €
Isolation conduites chauffage	1	500 €	500 €	0 €
Tubage conduit de cheminée	1	2 000 €	2 000 €	0 €
Raccordement conduit de cheminée	1	300 €	300 €	0 €
Pompe évacuation des condensats, avec évacuation et raccordement électrique	1	500 €	500 €	0 €
Granulat de neutralisation des condensats	1	750 €	750 €	0 €
Nouveau vase d'expansion	1	400 €	400 €	0 €
Panoplie de remplissage eau	1	1 500 €	1 500 €	0 €
Mise en service	1	800 €	800 €	0 €
<i>Sous total</i>			<i>19 750 €</i>	<i>0 €</i>

5 Chaufferie école élémentaire

Nouvelle chaudière gaz à condensation 35 kW	1	8 500 €	8 500 €	0 €
Raccordement sur distribution existante, avec pompe circulation et accessoires	1	2 000 €	2 000 €	0 €
Raccordement électrique	1	2 500 €	2 500 €	0 €
Isolation conduites chauffage	1	500 €	500 €	0 €
Tubage conduit de cheminée	1	2 000 €	2 000 €	0 €
Raccordement conduit de cheminée	1	300 €	300 €	0 €
Pompe évacuation des condensats, avec évacuation et raccordement électrique	1	500 €	500 €	0 €
Granulat de neutralisation des condensats	1	750 €	750 €	0 €
Nouveau vase d'expansion	1	400 €	400 €	0 €

Référence B

Panoplie de remplissage eau	1	1 500 €	1 500 €	0 €
Mise en service	1	800 €	800 €	0 €
<i>Sous total</i>			<i>19 750 €</i>	<i>0 €</i>

6 Chaufferie salle polyvalente

Nouvelle chaudière gaz à condensation 60 kW	1	16 000 €	16 000 €	0 €
Raccordement du bâtiment au réseau gaz	1	2 500 €	2 500 €	0 €
Raccordement chaudière au gaz	1	2 000 €	2 000 €	0 €
Rénovation collecteur/distributeur, 3 circuits avec pompes circulation et accessoires, raccordement sur circuit étage existant, circuit ECS existant et nouveau circuit salle	3	2 000 €	6 000 €	0 €
Raccordement électrique	1	3 000 €	3 000 €	0 €
Isolation conduites chauffage	1	2 000 €	2 000 €	0 €
Tubage conduit de cheminée	1	2 200 €	2 200 €	0 €
Raccordement conduit de cheminée	1	300 €	300 €	0 €
Pompe évacuation des condensats, avec évacuation et raccordement électrique	1	500 €	500 €	0 €
Granulat de neutralisation des condensats	1	750 €	750 €	0 €
Nouveau vase d'expansion	1	400 €	400 €	0 €
Panoplie de remplissage eau	1	1 500 €	1 500 €	0 €
Mise en service	1	800 €	800 €	0 €
<i>Sous total</i>			<i>37 950 €</i>	<i>0 €</i>
<i>Sous-total</i>			<i>151 700 €</i>	<i>0 €</i>

Total travaux:	163 900 €	0 €
-----------------------	------------------	------------

Planification en pourcentage du total:	0%	0 €
---	----	------------

Subventions

Montant concerné par les subventions		0 €
--------------------------------------	--	------------

Subventions Région Grand Est/ADEME	0%	0 €
------------------------------------	----	-----

Total subventions		0 €
--------------------------	--	------------

Reste à financer	163 900 €
-------------------------	------------------

Emprunt :

Montant	Durée	Taux	mensualité	annuité	Coût du crédit
163 900 €	15	1,600%	1 031 €	12 377 €	21 755 €

Montant	Durée	Taux	mensualité	annuité	Coût du crédit
163 900 €	20	2,200%	852 €	10 218 €	40 462 €

Coût annuel (P4) :	10 218 €
---------------------------	-----------------

B) Coût d'exploitationEstimation des frais de conduite et de petit entretien (poste P2)

	Quantité	Coût	Total
1. Maintenance chaudière gaz	6	350 €	2 100 €
2. Personnel	6	0 €	0 €
Réparateur	6	180 €	1 080 €
3. Ramoneur	6	70 €	420 €
4. Assurances	1	500 €	500 €
5. Récupération des cendres	1	0 €	0 €

Coût du petit entretien (P2) : **4 100 €**

Estimation des frais de gros entretien et de réparations (poste P3)

Base de calcul pour le gros entretien et les réparations : **66 500 €**

2,00% de la base de calcul

Coût du gros entretien (P3) : **1 330 €**

C) Coût en combustible

Bâtiments		Besoins kWh/an	Puissance nécessaire kW	Puissance gaz kW
gaz	Bâtiment Poste	26 982	25	25
gaz	Presbytère	62 150	50	50
gaz	Mairie/collégiale	164 270	230	230
gaz	Ecole maternelle	39 019	35	35
gaz	Ecole élémentaire	36 169	35	35
gaz	Salle polyvalente	55 200	80	60
gaz		383 790	455	435

Gaz (hors mairie/collégiale) :

	Puissance chaudière :	205 kW	
	Prix du gaz :	0,0660 €/kWh HT	<i>prix juin 2020 gaz naturel tranche D2 (source SOeS)</i>
	Rendement de la chaudière :	102%	0,079224 €/kWh TTC
	Couverture des besoins annuel par la chaudière gaz :	100%	20% TVA
	Pertes dans le réseau :	0 kWh/an	
	Besoin total en chaleur :	219 520 kWh/an	
	soit selon le taux de couverture de la chaudière :	219 520 kWh/an	
Pour	219 520 kWh il faut consommer :	215 216 kWh	
	Ce qui donne un coût de :	14 209 €	
			soit un total par an de 14 209 €

Gaz (mairie/collégiale) :

	Puissance chaudière :	230 kW	
	Prix du gaz :	0,0527 €/kWh HT	<i>prix juin 2020 gaz naturel tranche D2 (source SOeS)</i>
	Rendement de la chaudière :	103%	0,063294 €/kWh TTC
	Couverture des besoins annuel par la chaudière gaz :	100%	20% TVA

Référence B

	Pertes dans le réseau :	0 kWh/an	
	Besoin total en chaleur :	164 270 kWh/an	
	soit selon le taux de couverture de la chaudière :	164 270 kWh/an	
Pour	164 270 kWh il faut consommer :	159 485 kWh	
	Ce qui donne un coût de :	8 412 €	
			soit un total par an de 8 412 €

Coût en électricité pour la chaudière :

Part d'énergie électrique pour le fonctionnement de la chaudière :	1,00%
Energie fournie par la chaudière [kWh/an] :	383 790
Consommation pour le fonctionnement de la chaudière [kWh/an] :	3 838
Prix du kWh (€ HT) :	0,1547 <i>prix juin 2020, tarif moyen toutes tranches (source SOeS)</i>
Coût électricité (€ HT/an) :	594 0,185699 €/kWh TTC 20% TVA

Coût en électricité (€ HT /an) : **594 €**

Coût des consommations (P1) : **23 215 €**

Coût total annuel (P1+P2+P3+P4) : **38 863 €**

Equivalence énergétique 1 TEP : 11 628 kWh

Données gaz naturel

PCI :	10,600 kWh / kg
Masse de CO2 en t / t de combustible :	2,128
Masse de SO2 en kg / kg de combustible :	1,204E-06
Quantité en tonnes pour une TEP :	1,101
Besoins en chaleur :	164 270 kWh/an
Consommation selon rendement :	215 216 kWh/an
Equivalence en gaz :	20 303 kg
CO2 émis :	43,21 t de CO2
SO2 émis :	0,024 kg
TEP :	18,44

Chaufferie centrale aux plaquettes bois

Solution bois B

Nouvelle chaufferie centrale et grand réseau de chaleur
Chaudière aux plaquettes bois de 300 kW

Attention: tous les montants du documents sont HT

A) Investissement

Nature des travaux	Dist. [m] ou quantité	Prix unitaire H.T.	Prix total H.T.	Subvention H.T.
Gros oeuvre/terrassement/démolition et démontage				
1 Chaufferie et silo				
Préparation chantier et mise en sécurité	1	3 000 €	3 000 €	3 000 €
Permis de construire	1	5 000 €	5 000 €	5 000 €
Fourniture et pose de deux garages préfabriqués en béton armé	1	40 000 €	40 000 €	40 000 €
Fondation pour deux garages accolés	1	17 000 €	17 000 €	17 000 €
Habillage murs garages, création toiture avec tuiles, selon recommandation architecte pour intégration dans périmètre de protection des bâtiments historiques	1	20 000 €	20 000 €	20 000 €
Modification portail et clôture pour accès camions de livraison	1	6 000 €	6 000 €	6 000 €
Ventilation haute et basse chaufferie, bac sable, extincteurs	1	2 000 €	2 000 €	2 000 €
Cheminée	1	8 500 €	8 500 €	8 500 €
Passage toiture pour cheminée	1	1 200 €	1 200 €	1 200 €
Raccordement eau	1	2 000 €	2 000 €	2 000 €
Raccordement électricité	1	4 000 €	4 000 €	4 000 €
Raccordement internet	1	800 €	800 €	800 €
Evacuation eau	1	2 500 €	2 500 €	2 500 €
<i>Sous total</i>			<i>112 000 €</i>	<i>112 000 €</i>
2 Carottages				
Chaufferie centrale	2	250 €	500 €	500 €
Presbytère	1	250 €	250 €	250 €
Mairie	1	250 €	250 €	250 €
Bâtiment Poste	1	250 €	250 €	250 €
Ecole maternelle	1	250 €	250 €	250 €
Ecole élémentaire	2	250 €	500 €	500 €
Salle polyvalente	1	250 €	250 €	250 €
Passage câble de données dans bâtiment, avec joint d'étanchéité	7	130 €	910 €	910 €
<i>Sous total</i>			<i>3 160 €</i>	<i>3 160 €</i>
3 Tranchées				
Tranchée entre chaufferie et salle polyvalente	45	150 €	6 750 €	6 750 €
Tranchée entre salle polyvalente et presbytère - espace vert	150	150 €	22 500 €	22 500 €
Tranchée entre salle polyvalente et presbytère - voirie	132	330 €	43 560 €	43 560 €
Tranchée pour raccordement presbytère	29	150 €	4 350 €	4 350 €
Tranchée vers mairie/collégiale	47	330 €	15 510 €	15 510 €

Solution bois B

Tranchée pour raccordement mairie/collégiale	10	330 €	19 470 €	19 470 €
Tranchée pour raccordement Poste/logement	59	330 €	5 280 €	5 280 €
Tranchée vers écoles	105	330 €	11 220 €	11 220 €
Tranchée pour raccordement école maternelle	16	330 €	5 280 €	5 280 €
Tranchée pour raccordement école élémentaire	34	330 €	11 220 €	11 220 €
Sous total			145 140 €	145 140 €

4 Divers

Enlèvement chaudière fioul bâtiment Poste	1	700 €	700 €	0 €
Enlèvement cuve fioul bâtiment Poste	1	1 800 €	1 800 €	0 €
Enlèvement chaudière gaz Presbytère et école maternelle	2	700 €	1 400 €	0 €
Enlèvement chaudière fioul salle polyvalente	1	1 500 €	1 500 €	0 €
Enlèvement cuves fioul salle polyvalente	3	1 800 €	5 400 €	0 €
Sous total			10 800 €	0 €

Sous-total

271 100 €

260 300 €

Chauffage/électricité/plomberie

1 Conduites isolées

Conduite double réseau de chaleur DN 20	59	60 €	3 540 €	3 540 €
Conduite double réseau de chaleur DN 25	79	65 €	5 135 €	5 135 €
Conduite double réseau de chaleur DN 32	105	70 €	7 350 €	7 350 €
Conduite double réseau de chaleur DN 40	12	73 €	876 €	876 €
Conduite double réseau de chaleur DN 65	327	95 €	31 065 €	31 065 €
Conduite double réseau de chaleur DN 25, pose dans l'école élémentaire, avec isolation	20	110 €	2 200 €	2 200 €
Habillage conduites dans l'école élémentaire	1	2 000 €	2 000 €	2 000 €
Câble de communication dans fourreau	659	5 €	3 295 €	3 295 €
Sous total			55 461 €	55 461 €

2 Nouvelle chaufferie bois

Fourniture et pose d'une chaudière automatique aux plaquettes bois 300 kW	1	85 000 €	85 000 €	85 000 €
Fourniture et pose du fond mouvant silo	1	22 000 €	22 000 €	22 000 €
Compteur d'énergie en sortie chaudière bois	1	900 €	900 €	900 €
Pompe sur départ réseau, régulée électroniquement	1	2 500 €	2 500 €	2 500 €
Ballon à accumulation 2000 litres	2	1 500 €	3 000 €	3 000 €
Raccordement hydraulique, isolation de l'ensemble des conduites en chaufferie, revêtement plastique	1	15 000 €	15 000 €	15 000 €
Raccordement électrique	1	22 000 €	22 000 €	22 000 €
Mise en service de l'installation	1	2 000 €	2 000 €	2 000 €
Régulation centralisée de l'installation	1	30 000 €	30 000 €	30 000 €
Sous total			182 400 €	182 400 €

3 Sous-stations

Salle polyvalente échangeur de chaleur 80 kW, fourniture et pose	1	9 000 €	9 000 €	9 000 €
Ecole élémentaire échangeur de chaleur 35 kW, fourniture et pose	1	5 500 €	5 500 €	5 500 €
Ecole maternelle échangeur de chaleur 35 kW, fourniture et pose	1	5 500 €	5 500 €	5 500 €
Presbytère échangeur de chaleur 50 kW, fourniture et pose	1	8 000 €	8 000 €	8 000 €

Solution bois B

Mairie/collégiale échangeur de chaleur 230 kW, fourniture et pose	1	14 000 €	14 000 €	14 000 €
Bâtiment Poste échangeur de chaleur 25 kW, 1 compteur de calories, fourniture et pose	1	5 000 €	5 000 €	5 000 €
Pompe à chaleur thermodynamique air/eau pour production d'ECS, avec échangeur de chaleur intégré connecté sur réseau de chaleur, 300 litres (bâtiment Poste, salle polyvalente et Presbytère), fourniture et pose	3	3 200 €	9 600 €	0 €
Ecole élémentaire travaux pour raccordement chaudière gaz sur réseau	1	3 000 €	3 000 €	3 000 €
Mairie travaux pour raccordement chaudière gaz sur réseau	1	3 000 €	3 000 €	3 000 €
<i>Sous total</i>			<i>62 600 €</i>	<i>53 000 €</i>
Sous-total			300 461 €	290 861 €

Total travaux:		571 561 €	551 161 €
-----------------------	--	------------------	------------------

Planification en pourcentage du total:	14%	80 019 €
---	-----	-----------------

Subventions

Montant concerné par les subventions		631 180 €
Subventions Région Grand Est/ADEME	45%	284 031 €

Total subventions	284 031 €
--------------------------	------------------

Reste à financer	367 549 €
-------------------------	------------------

Emprunt :

Montant	Durée	Taux	mensualité	annuité	Coût du crédit
367 549 €	15	1,600%	2 313 €	27 756 €	48 787 €

Montant	Durée	Taux	mensualité	annuité	Coût du crédit
367 549 €	20	2,200%	1 910 €	22 914 €	90 736 €

Coût annuel (P4) :	22 914 €
---------------------------	-----------------

B) Coût d'exploitation

Estimation des frais de conduite et de petit entretien (poste P2)

	Quantité	Coût	Total
1. Maintenance chauffage gaz	2	350 €	700 €
Maintenance chauffage plaquettes bois	1	1 500 €	1 500 €
2. Personnel	1	3 700 €	3 700 €
Réparateur	1	1 200 €	1 200 €

Solution bois B

Temps ouvrier communal et matériel pour pousser plaquettes dans silo après livraison, 19 livraisons dans l'année, 1 heure par livraison	19	100 €	1 900 €
3. Ramoneur	3	70 €	210 €
4. Assurances	1	1 000 €	1 000 €
5. Récupération des cendres	1	250 €	250 €

Coût du petit entretien (P2) : 10 460 €

Estimation des frais de gros entretien et de réparations (poste P3)

Base de calcul pour le gros entretien et les réparations : 85 000 €

2,00% de la base de calcul

Coût du gros entretien (P3) : 1 700 €

C) Coût en combustible

Bâtiments		Besoins kWh/an	Puissance nécessaire kW	Puissance gaz kW	Puissance bois kW
bois	Chaufferie centrale				300
	Bâtiment Poste	26 982	25		
	Presbytère	62 150	50		
gaz	Mairie/collégiale	164 270	230	365	
	Ecole maternelle	39 019	35		
gaz	Ecole élémentaire	36 169	35	44	
	Salle polyvalente	55 200	80		
TOTAL		383 790	455	409	300

Plaquette bois :

Puissance chaudière :	300 kW
Équivalence énergétique :	850 kWh / map
Densité :	250 kg/m ³
Prix :	26,25 €/map
Rendement de la chaudière :	85%
Production des besoins annuel par la chaudière bois :	95%
Perte dans le réseau :	44 824 kWh/an
Besoin total en chaleur :	428 614 kWh/an
soit selon le taux de couverture de la chaudière	407 183 kWh/an
Pour 407 183 kWh il faut consommer :	479 039 kWh
soit	564 map
soit	141 to
Ce qui donne un coût de :	14 794 €
	0,0309 €/kWh
soit un total par an de	14 794 €

Coût en électricité pour la chaudière :

Part d'énergie électrique pour le fonctionnement de la chaudière :	1,70%
Energie fournie par la chaudière [kWh/an] :	407 183
Consommation pour le fonctionnement de la chaudière [kWh/a] :	6 922
Prix du kWh (€) :	0,1547 <i>prix juin 2020, tarif moyen toutes tranches (source SOEs)</i>
Coût en électricité (€/an) :	1 071 €

Gaz :

Solution bois B

Mairie

	Puissance chaudière :	365 kW	
	Prix du gaz :	0,0527 € HT / kWh	<i>prix juin 2020 gaz naturel tranche D2 (source SOeS)</i>
	Rendement de la chaudière :	90%	
	Production des besoins annuel par la chaudière gaz :	4,00%	
	Perte dans le réseau :	44 824	
	Besoin total en chaleur :	428 614 kWh/an	
	soit selon le taux de couverture de la chaudière	17 145 kWh/an	
Pour	17 145 kWh il faut consommer :	19 050 kWh	
	Ce qui donne un coût de :	1 005 €	

Ecole élémentaire

	Puissance chaudière :	44 kW	
	Prix du gaz :	0,0660 € HT / kWh	<i>prix juin 2020 gaz naturel tranche D2 (source SOeS)</i>
	Rendement de la chaudière :	94%	
	Production des besoins annuel par la chaudière gaz :	1,00%	
	Perte dans le réseau :	44 824	
	Besoin total en chaleur :	428 614 kWh/an	
	soit selon le taux de couverture de la chaudière	4 286 kWh/an	
Pour	4 286 kWh il faut consommer :	4 560 kWh	
	Ce qui donne un coût de :	301 €	

soit un total par an de **1 306 €**

Coût en électricité pour la chaudière :

Part d'énergie électrique pour le fonctionnement de la chaudière :	1,00%
Energie fournie par la chaudière [kWh/an] :	21 431
Consommation pour le fonctionnement de la chaudière [kWh/a] :	214
Prix du kWh (€) :	0,1547 <i>prix juin 2020, tarif moyen toutes tranches (source SOeS)</i>
Coût en électricité (€/an) :	33 €

Coût des consommations (P1) : **17 204 €**

Coût total annuel (P1+P2+P3+P4) : **52 278 €**

Equivalence énergétique **1 TEP :** 11 628 kWh

Données plaquette bois

Densité :	250 kg/m ³
Hygrométrie :	25,00%
PCI :	3,400 kWh / kg
Besoins en chaleur :	407 183 kWh/an
Consommation selon rendement :	479 039 kWh/an
Equivalence en plaquette :	564 map
CO2 émis :	t de CO2
SO2 émis :	kg
TEP :	41,20

<u>Données silo</u>	Autonomie par -15°C [j]	3,5 jours
	Puissance chaudière bois en fonctionnement :	300 kW
	Consommation par jour à -15°C :	7 200 kWh
	Selon le rendement de la chaudière :	8 471 kWh

Solution bois B

soit pour l'autonomie souhaitée : 35 map

Hauteur du silo :	3,0 m
Longueur :	6,0 m
Largeur :	3,0 m
Volume :	54,00 m ³
Volume utile (70% volume total) :	37,80 m ³

Données gaz naturel

PCI :	10,600 kWh / kg
Masse de CO ₂ en t / t de combustible :	2,128
Masse de SO ₂ en kg / kg de combustible :	1,204E-06
Quantité en tonnes pour une TEP :	1,101

Besoins en chaleur :	21 431 kWh/an
Consommation selon rendement :	23 609 kWh/an
Equivalence en gaz :	2 227 kg
CO ₂ émis :	4,74 t de CO ₂
SO ₂ émis :	0,003 kg
TEP :	2,02

Installation de chauffage individuelle

Remplacement de la chaudière fioul par une chaudière gaz à condensation, installation intérieure avec panneaux rayonnants

Référence salle polyvalente

Attention: tous les montants du documents sont HT

A) Investissement

Nature des travaux	Dist. [m] ou quantité	Prix unitaire H.T.	Prix total H.T.	Subvention H.T.
Gros oeuvre/terrassement/démolition et démontage				
1 Divers				
Enlèvement chaudière fioul	1	1 500 €	1 500 €	0 €
Enlèvement cuves fioul	3	1 800 €	5 400 €	0 €
<i>Sous total</i>			<i>6 900 €</i>	<i>0 €</i>
<i>Sous-total</i>			<i>6 900 €</i>	<i>0 €</i>

Chauffage/électricité/plomberie

1 Chaufferie salle polyvalente				
Nouvelle chaudière gaz à condensation 60 kW	1	16 000 €	16 000 €	0 €
Raccordement du bâtiment au réseau gaz	1	2 500 €	2 500 €	0 €
Raccordement chaudière au gaz	1	2 000 €	2 000 €	0 €
Rénovation collecteur/distributeur, 3 circuits avec pompes circulation et accessoires, raccordement sur circuit étage existant, circuit ECS existant et nouveau circuit salle	3	2 000 €	6 000 €	0 €
Raccordement électrique	1	3 000 €	3 000 €	0 €
Isolation conduites chauffage	1	2 000 €	2 000 €	0 €
Tubage conduit de cheminée	1	2 200 €	2 200 €	0 €
Raccordement conduit de cheminée	1	300 €	300 €	0 €
Pompe évacuation des condensats, avec évacuation et raccordement électrique	1	500 €	500 €	0 €
Granulat de neutralisation des condensats	1	750 €	750 €	0 €
Nouveau vase d'expansion	1	400 €	400 €	0 €
Panoplie de remplissage eau	1	1 500 €	1 500 €	0 €
Mise en service	1	800 €	800 €	0 €
<i>Sous total</i>			<i>37 950 €</i>	<i>0 €</i>
<i>Sous-total</i>			<i>37 950 €</i>	<i>0 €</i>

Total travaux:	44 850 €	0 €
-----------------------	-----------------	------------

Planification en pourcentage du total:	0%	0 €
---	----	------------

Subventions

Référence salle poly

Montant concerné par les subventions		0 €
Subventions Région Grand Est/ADEME	0%	0 €

Total subventions 0 €

Reste à financer 44 850 €

Emprunt :

Montant	Durée	Taux	mensualité	annuité	Coût du crédit
44 850 €	15	1,600%	282 €	3 387 €	5 953 €
Montant	Durée	Taux	mensualité	annuité	Coût du crédit
44 850 €	20	2,200%	233 €	2 796 €	11 072 €

Coût annuel (P4) : 2 796 €

B) Coût d'exploitation

Estimation des frais de conduite et de petit entretien (poste P2)

	Quantité	Coût	Total
1. Maintenance chaudière gaz	1	350 €	350 €
2. Personnel	0	0 €	0 €
Réparateur	1	180 €	180 €
3. Ramoneur	1	70 €	70 €
4. Assurances	1	100 €	100 €
5. Récupération des cendres	1	0 €	0 €

Coût du petit entretien (P2) : 700 €

Estimation des frais de gros entretien et de réparations (poste P3)

Base de calcul pour le gros entretien et les réparations : 16 000 €

2,00% de la base de calcul

Coût du gros entretien (P3) : 320 €

C) Coût en combustible

Bâtiments	Besoins kWh/an	Puissance nécessaire kW	Puissance gaz kW
gaz Salle polyvalente	55 200	60	60
gaz	55 200	60	60

Gaz :

Puissance chaudière : 60 kW

Référence salle poly

	Prix du gaz :	0,0660 €/kWh HT	<i>prix juin 2020 gaz naturel tranche D2 (source SOeS)</i>
	Rendement de la chaudière :	102%	0,079224 €/kWh TTC
	Couverture des besoins annuel par la chaudière gaz :	100%	20% TVA
	Pertes dans le réseau :	0 kWh/an	
	Besoin total en chaleur :	55 200 kWh/an	
	soit selon le taux de couverture de la chaudière :	55 200 kWh/an	
Pour	55 200 kWh il faut consommer :	54 118 kWh	
	Ce qui donne un coût de :	3 573 €	
			soit un total par an de 3 573 €

Coût en électricité pour la chaudière :

Part d'énergie électrique pour le fonctionnement de la chaudière :	1,00%
Energie fournie par la chaudière [kWh/an] :	55 200
Consommation pour le fonctionnement de la chaudière [kWh/an] :	552
Prix du kWh (€ HT) :	0,1547 <i>prix juin 2020, tarif moyen toutes tranches (source SOeS)</i>
Coût électricité (€ HT/an) :	85 0,185699 €/kWh TTC 20% TVA

Coût en électricité (€ HT /an) : **85 €**

Coût des consommations (P1) : **3 658 €**

Coût total annuel (P1+P2+P3+P4) : **7 474 €**

Equivalence énergétique 1 TEP : 11 628 kWh

Données gaz naturel

PCI :	10,600 kWh / kg
Masse de CO2 en t / t de combustible :	2,128
Masse de SO2 en kg / kg de combustible :	1,204E-06
Quantité en tonnes pour une TEP :	1,101
Besoins en chaleur :	55 200 kWh/an
Consommation selon rendement :	54 118 kWh/an
Equivalence en gaz :	5 105 kg
CO2 émis :	10,86 t de CO2
SO2 émis :	0,006 kg
TEP :	4,64

Chaudière individuelle aux granulés bois

**Nouvelle chaudière granulés bois de 60 kW
installation intérieure avec panneaux rayonnants**

Solution bois**Salle polyvalente**

Attention: tous les montants du documents sont HT

A) Investissement

Nature des travaux	Dist. [m] ou quantité	Prix unitaire H.T.	Prix total H.T.	Subvention H.T.
Gros oeuvre/terrassement/démolition et démontage				
1 Divers				
Enlèvement chaudière fioul	1	1 500 €	1 500 €	0 €
Enlèvement cuves fioul	3	1 800 €	5 400 €	0 €
<i>Sous total</i>			<i>6 900 €</i>	<i>0 €</i>
<i>Sous-total</i>			<i>6 900 €</i>	<i>0 €</i>

Chauffage/électricité/plomberie

1 Nouvelle chaufferie bois

Fourniture et pose d'une chaudière automatique aux granulés bois 60 kW	1	36 000 €	36 000 €	36 000 €
Silos textiles pour stockage granulés, capacité 4 tonnes	2	3 800 €	7 600 €	7 600 €
Conduites pour remplissage silos textiles, avec carottages mur extérieur	2	2 500 €	5 000 €	5 000 €
Système pneumatique d'aspiration des granulés vers la chaudière	1	2 300 €	2 300 €	2 300 €
Communtation manuelle entre les deux silos textiles	1	1 500 €	1 500 €	1 500 €
Conduites entre silos et chaudière	1	2 000 €	2 000 €	2 000 €
Compteur d'énergie en sortie chaudière bois	1	900 €	900 €	900 €
Rénovation collecteur/distributeur, 3 circuits avec pompes circulation et accessoires, raccordement sur circuit étage existant, circuit ECS existant et nouveau circuit salle	3	2 000 €	6 000 €	6 000 €
Raccordement hydraulique	1	8 000 €	8 000 €	8 000 €
Raccordement électrique	1	7 000 €	7 000 €	7 000 €
Isolation de l'ensemble des conduites en chaufferie, revêtement plastique	1	4 000 €	4 000 €	4 000 €
Tubage conduit de cheminée	1	2 200 €	2 200 €	2 200 €
Raccordement conduit de cheminée	1	300 €	300 €	300 €
Mise en service de l'installation et documentation	1	1 500 €	1 500 €	1 500 €
<i>Sous total</i>			<i>84 300 €</i>	<i>84 300 €</i>
<i>Sous-total</i>			<i>84 300 €</i>	<i>84 300 €</i>

Total travaux:	91 200 €	84 300 €
-----------------------	-----------------	-----------------

Solution bois salle poly

Planification en pourcentage du total:	14%	12 768 €
---	-----	-----------------

Subventions

Montant concerné par les subventions **97 068 €**

Subventions Région Grand Est/ADEME 45% 43 681 €

Total subventions	43 681 €
--------------------------	-----------------

Reste à financer	60 287 €
-------------------------	-----------------

Emprunt :

Montant	Durée	Taux	mensualité	annuité	Coût du crédit
60 287 €	15	1,600%	379 €	4 553 €	8 002 €

Montant	Durée	Taux	mensualité	annuité	Coût du crédit
60 287 €	20	2,200%	313 €	3 759 €	14 883 €

Coût annuel (P4) : 3 759 €

B) Coût d'exploitation

Estimation des frais de conduite et de petit entretien (poste P2)

	Quantité	Coût	Total
1. Maintenance chauffage gaz	0	350 €	0 €
Maintenance chauffage granulés bois	1	1 500 €	1 500 €
2. Personnel	0	0 €	0 €
Réparateur	1	800 €	800 €
3. Ramoneur	1	70 €	70 €
4. Assurances	1	100 €	100 €
5. Récupération des cendres	1	250 €	250 €

Coût du petit entretien (P2) : 2 720 €

Estimation des frais de gros entretien et de réparations (poste P3)

Base de calcul pour le gros entretien et les réparations : **36 000 €**

2,00% de la base de calcul **Coût du gros entretien (P3) : 720 €**

C) Coût en combustible

Bâtiments	Besoins kWh/an	Puissance nécessaire kW	Puissance gaz kW	Puissance bois kW
bois Salle polyvalente	55 200	60		60
TOTAL	55 200	60	0	60

Granulés bois :

Puissance chaudière : **60 kW**
Équivalence énergétique : **4900 kWh / to**

Solution bois salle poly

Densité :	0,650	to/m3
Prix :	223	€/to
Rendement de la chaudière :	90%	
Production des besoins annuel par la chaudière bois :	100%	
Perte dans le réseau :	0	kWh/an
Besoin total en chaleur :	55 200	kWh/an
soit selon le taux de couverture de la chaudière	55 200	kWh/an
Pour 55 200 kWh il faut consommer :	61 333	kWh
soit	13	to
Ce qui donne un coût de :	2 791	€
	0,0455	€/kWh
frais livraison :	25,00	€ / livraison
nombre de livraisons par an :	2,00	
total frais livraison :	50,00	€
		soit un total par an de 2 841 €

Coût en électricité pour la chaudière :

Part d'énergie électrique pour le fonctionnement de la chaudière :	1,70%
Energie fournie par la chaudière [kWh/an] :	55 200
Consommation pour le fonctionnement de la chaudière [kWh/a] :	938
Prix du kWh (€) :	0,1547 <i>prix juin 2020, tarif moyen toutes tranches (source SOeS)</i>
Coût en électricité (€/an) :	145 €

Coût des consommations (P1) : 2 987 €

Coût total annuel (P1+P2+P3+P4) 10 185 €

Equivalence énergétique **1 TEP :** 11 628 kWh

Données granulés bois

Densité :	0,650	to/m3
Hygrométrie :	15,00%	
PCI :	4,900	kWh / kg
Besoins en chaleur :	55 200	kWh/an
Consommation selon rendement :	61 333	kWh/an
Equivalence en granulés :	13	map
CO2 émis :		t de CO2
SO2 émis :		kg
TEP :	5,27	

Données silo

Autonomie par -15°C [j]	27 jours
Puissance chaudière bois en fonctionnement :	60 kW
Consommation par jour à -15°C :	1 440 kWh
Selon le rendement de la chaudière :	1 600 kWh
soit pour l'autonomie souhaitée :	8,8 tonnes
	14 m3
Capacité maximale silo textile	4,6 tonnes

Solution bois salle poly

Nombre de silos	2	
Capacité maximale totale	9,2 tonnes	14 m3

Pompe à chaleur

Pompe à chaleur réversible chaud/froid 60 kW
installation intérieure avec panneaux rayonnants

Solution PAC Salle polyvalente

Attention: tous les montants du documents sont HT

A) Investissement

Nature des travaux	Dist. [m] ou quantité	Prix unitaire H.T.	Prix total H.T.	Subvention H.T.
Gros oeuvre/terrassement/démolition et démontage				
1 Divers				
Enlèvement chaudière fioul	1	1 500 €	1 500 €	0 €
Enlèvement cuves fioul	3	1 800 €	5 400 €	0 €
<i>Sous total</i>			6 900 €	0 €
Sous-total			6 900 €	0 €
Chauffage/électricité/plomberie				
1 Pompe à chaleur				
Fourniture et pose d'une pompe à chaleur air/eau réversible (chaud/froid), 60 kW en chauffage, 35 kW en rafraichissement	1	39 000 €	39 000 €	0 €
Fourniture et pose d'un ballon et raccordement	1	10 000 €	10 000 €	0 €
Option pour refroidissement : raccords spécifiques pour éviter la condensation, isolants spécifiques	1	10 000 €	10 000 €	0 €
Rénovation collecteur/distributeur, 3 circuits avec pompes circulation et accessoires, raccordement sur circuit étage existant, circuit ECS existant et nouveau circuit salle	3	2 000 €	6 000 €	0 €
Raccordement électrique	1	7 000 €	7 000 €	0 €
Mise en service de l'installation et documentation	1	1 500 €	1 500 €	0 €
<i>Sous total</i>			73 500 €	0 €
Sous-total			73 500 €	0 €
Total travaux:			80 400 €	0 €
Planification en pourcentage du total:		14%	11 256 €	
<u>Subventions</u>				
Montant concerné par les subventions			0 €	
Subventions Région Grand Est/ADEME	45%	0 €		
Total subventions			0 €	

Reste à financer	91 656 €
-------------------------	-----------------

Emprunt :

Montant	Durée	100 ux	mensualité	annuité	Coût du crédit
91 656 €	15	1,600%	577 €	6 921 €	12 166 €

Montant	Durée	Taux	mensualité	annuité	Coût du crédit
91 656 €	20	2,200%	476 €	5 714 €	22 627 €

Coût annuel (P4) : 5 714 €

B) Coût d'exploitation

Estimation des frais de conduite et de petit entretien (poste P2)

	Quantité	Coût	Total
1. Maintenance chauffage gaz	0	350 €	0 €
Maintenance pompe à chaleur	1	300 €	300 €
2. Personnel	0	0 €	0 €
Réparateur	1	800 €	800 €
3. Ramoneur	0	70 €	0 €
4. Assurances	1	100 €	100 €
5. Récupération des cendres	0	250 €	0 €

Coût du petit entretien (P2) : 1 200 €

Estimation des frais de gros entretien et de réparations (poste P3)

Base de calcul pour le gros entretien et les réparations : 39 000 €

2,00% de la base de calcul **Coût du gros entretien (P3) : 780 €**

C) Coût en combustible

Bâtiments		Besoins	Puissance nécessaire	Puissance PAC
		kWh/an	kW	kW
	bois	Salle polyvalente	55 200	60
TOTAL		55 200	60	60

Coût en électricité pour la pompe à chaleur :

Coefficient de performance énergétique moyen sur l'année : 3,5

Energie fournie par la pompe à chaleur [kWh/an] : 55 200

Consommation pour le fonctionnement de la pompe à chaleur [kWh/a] : 15 771

Prix du kWh (€) : 0,1547 *prix juin 2020, tarif moyen toutes tranches (source SOeS)*

Coût en électricité (€/an) : 2 441 €

Coût des consommations (P1) : 2 441 €

Solution PAC salle poly

Coût total annuel (P1+P2+P3+P4)

10 135 €

Equivalence énergétique

1 TEP :

11 628 kWh