



**MINISTÈRE
DE LA JUSTICE**
*Liberté
Égalité
Fraternité*

Tribunal de Commerce de Bourges

1 PLACE HENRI MIRPIED – 18000 BOURGES

V1 - Date de diffusion 10/01/2023



Etude d'approvisionnement multi-énergies

MAITRISE D'OUVRAGE :



**MINISTÈRE
DE LA JUSTICE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

MINISTÈRE DE LA JUSTICE

4 rue Léon Mauris

21077 Dijon Cedex

Nathanaël MARDAMA NAYAGOM

Chargé d'opérations

03 45 21 51 25

nathanael.mardama-nayagom@justice.gouv.fr

ASSISTANT MOA :



ALTEREA AGENCE PARIS

23 avenue d'Italie

75013 Paris

T 01 46 28 31 89

Davy BILLAUDEAU

Chef de projets

07 77 23 07 39

dbillaudeau@alterea.fr

SUIVI DU DOCUMENT :

Indice	Date	Modifications	Rédaction	Vérification	Validation
1	10/01/2023	Version initiale	PMAS	HIND	DABI

contact@alterea.fr – www.alterea.fr

Agence Ouest (siège)

26 bd Vincent Gâche CS 17502
44275 Nantes Cedex 2
T 02 40 74 24 81
F 02 51 84 16 33

Agence de Paris

23 Avenue d'Italie
75013 Paris
T 01 46 28 31 89
F 02 51 84 16 33

Agence Nord

21 rue Pierre Mauroy
59000 Lille
T 03 59 54 21 08
F 02 51 84 16 33

Agence Sud-Ouest

2 rue du Jardin de l'Ars
33800 Bordeaux
T 05 54 52 92 23
F 02 51 84 16 33

Agence Sud – Est

19 rue de la Villette
69003 Lyon
T 04 87 24 90 74
F 02 51 84 16 33

Agence Est

20 Place des Halles
67000 Strasbourg
T 03 88 52 26 01
F 02 51 84 16 33

Agence Sud

113 rue de la République
13002 Marseille
T 04 13 35 01 60
F 02 51 84 16 33

Agence Occitanie

78 allée Jean Jaurès
31000 Toulouse
T 02 40 74 24 81
F 02 51 84 16 33

SOMMAIRE

1	DESCRIPTION DU SITE	4
1.1	OBJET DE L'ETUDE	4
1.2	PRESENTATION DU SITE	4
1.3	VUE AERIENNE DU SITE	4
2	ETUDE DE FAISABILITE DES APPROVISIONNEMENTS EN ENERGIE	5
2.1	HYPOTHESE DE L'ETUDE	6
2.1.1	HYPOTHESES TECHNIQUES	6
2.1.2	COUT ET EMISSION DE CO ₂ DES ENERGIES	6
2.1.3	SURCOUT D'INVESTISSEMENT DES VARIANTES	6
2.1.4	HYPOTHESES D'ETUDES SUR LES VARIANTES	6
2.2	DEFINITION DU « SYSTEME ACTUEL »	7
2.2.1	CARACTERISTIQUES DU SYSTEME	7
2.2.2	CONSUMMATION DU SYSTEME ACTUEL	8
2.3	VARIANTES ENVISAGEES DANS L'ETUDE	9
2.4	SYSTEME ACTUEL	13
2.5	POMPE A CHALEUR AEROTHERMIQUE	14
2.6	CHAUDIERE BIOMASSE	17
2.7	EVALUATION ECONOMIQUE	20
2.8	EVALUATION ENVIRONNEMENTALE	21
2.9	SYNTHESE DES VARIANTES ENVISAGEES	22
3	CONCLUSION	23
4	ANNEXE : DETAIL DU CHIFFRAGE	24
4.1	POMPE A CHALEUR AEROTHERMIQUE	24
4.2	CHAUDIERE BIOMASSE	24

1 DESCRIPTION DU SITE

1.1 Objet de l'étude

Dans le cadre de sa stratégie de transition écologique, le ministère de la justice souhaite remplacer les chaudières gaz de son site de Bourges par une production de chaleur décarbonée. L'étude suivante présente les différentes solutions possibles pour la mise en place d'énergies renouvelables comme énergie pour le chauffage.

1.2 Présentation du site

Dénomination	Tribunal de Commerce de Bourges
Adresse	1 place Henri Mirpied 18000 Bourges
Année de construction	19 ^{ème} siècle
Surface (SHON)	918 m ²
Typologie	2 niveaux (R-1 à R+2)
Catégorie DPE	6.1
Usage	ERP

1.3 Vue aérienne du site

Vues du site





Tribunal de Bourges



Chaufferie gaz



Accès sous-station

2 ETUDE DE FAISABILITE DES APPROVISIONNEMENTS EN ENERGIE

L'Arrêté du 18 décembre 2007 relatif aux études de faisabilité des approvisionnements en énergie pour les bâtiments neufs et parties nouvelles de bâtiments et pour les rénovations de certains bâtiments existants en France métropolitaine a porté à création les articles R. 111-22 à R. 111-22-2 du Code de la Construction.

Il y est notamment prévu, qu'à la construction de tout bâtiment neuf ou à la rénovation de bâtiments existants :

« Préalablement au dépôt de la demande de permis de construire, ou, si les travaux de rénovation ne donnent pas lieu à un permis de construire, préalablement à l'acceptation des devis ou à la passation des marchés relatifs à ces travaux, le Maître d'Ouvrage :

- choisit un système parmi ceux définis ci-après ou un autre système d'approvisionnement en énergie. Le projet de bâtiment équipé du système choisi est appelé système pressenti au sens de l'arrêté. Les projets de bâtiments équipés des autres systèmes définis ci-après sont alors appelés variantes ;
- réalise une étude de faisabilité technique et économique comparant le système pressenti au moins aux variantes suivantes, éventuellement combinées :
 - le raccordement à un réseau de chauffage ou de refroidissement collectif à plusieurs bâtiments ou urbain ;
 - la récupération de chaleur (sur groupe froid, eaux grises etc) ;
 - les pompes à chaleur géothermiques ;
 - les autres types de pompes à chaleur ;
 - les systèmes de chauffage au bois ou à biomasse ;
 - les systèmes solaires thermiques ;
 - les systèmes solaires photovoltaïques ;
 - les systèmes éoliens ;
 - les systèmes de production combinée de chaleur et d'électricité ;
 - les chaudières à condensation.

2.1 Hypothèse de l'étude

2.1.1 Hypothèses techniques

Les caractéristiques thermiques des parois et les performances énergétiques des systèmes sont basées sur les relevés effectués lors de notre visite.

Les déperditions thermiques du site sont évaluées à 100 kW.

2.1.2 Coût et émission de CO₂ des énergies

Ci-dessous les coûts et les ratios d'émission de CO₂ par kWh pris dans l'étude.

Energie	Coût € ^{TTC} /kWh _{EF}	Emission de CO ₂ kg _{CO2} /kWh _{EF}	Actualisation des coûts énergétiques
Gaz naturel	0,112	0,234	6%
Granulés de bois	0,116	0,013	4%
Electricité	0,180	0,084	5%

Les hypothèses d'évolution des coûts des énergies sont issues des couts actuels de l'énergie. Ce sont ces hypothèses qui seront utilisées pour le calcul des gains énergétiques.

2.1.3 Surcoût d'investissement des variantes

L'ensemble des variantes sont comparées à la solution de référence. Les coûts de travaux sont bruts. Il faut prévoir des coûts complémentaires pour les finitions éventuelles, les aléas de chantier et les prestations intellectuelles (études, MOE, contrôle technique, etc.).








2.1.4 Hypothèses d'études sur les variantes

Les rendements des différents systèmes des variantes pris en compte dans l'étude sont précisées au niveau des fiches de mise en œuvre. Ils tiennent compte des contraintes techniques liées aux installations existantes (régimes de température, production d'ECS, etc.).

2.2 Définition du « système actuel »

2.2.1 Caractéristiques du système

Le système actuel est détaillé dans le tableau suivant :

Poste	Description		
Bâti	Murs opaques		<ul style="list-style-type: none"> • Murs en pierre de 40cm d'épaisseur sans isolation
	Ouvrants		<ul style="list-style-type: none"> • Double fenêtre en simple vitrage bois avec 2cm d'air entre les deux
	Planchers hauts		<ul style="list-style-type: none"> • Toiture en bac zinc avec charpente bois isolée en sous face. Hypothèse : 10cm d'isolant.
	Planchers bas		<ul style="list-style-type: none"> • Dalle béton sur sous-sol non chauffé
Equipements	Ventilation	-	<ul style="list-style-type: none"> • Aucun système de ventilation mécanique. Ventilation par infiltration et ouvertures de fenêtres.
	Chauffage		<ul style="list-style-type: none"> • Production de chauffage par une chaudière gaz haute température de 100 kW de puissance unitaire
	Emission		<ul style="list-style-type: none"> • Radiateurs en acier
	Production d'ECS		<ul style="list-style-type: none"> • Production d'ECS électrique

Commentaires :

- Le tribunal de commerce de Bourges est un bâtiment classé situé en zone urbaine en plein centre ville de Bourges.
- Le bâtiment n'est pas isolé, donc il n'est pas performant.
- Les régimes de températures des circuits de chauffage relevés sur les régulateurs sont à haute température, avec un départ unique pour l'ensemble du bâtiment.

2.2.2 Consommation du système actuel

Les consommations prises en compte sont celles de 2021.

Consommations énergétiques réelles (2021)	Gaz naturel	Electricité
Consommations (kWh_{PCI})	205 286	29 907
Emissions de CO₂ (T_{ég-CO2})	56,38	2,44
Dépenses (€^{TTC})	20 577	5 228
Coût unitaire (c€^{TTC}/kWh_{PCI})	6,00	17,00


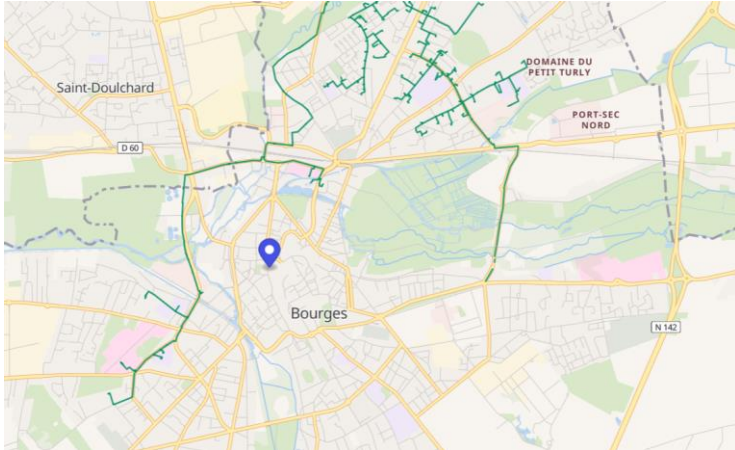

Le cout de l'énergie est celui relevé sur les factures énergétiques pour l'année 2021. Ce cout sera différent des couts pris pour l'étude.


2.3 Variantes envisagées dans l'étude

La stratégie de priorisation des énergies proposée par ALTEREA est la suivante :



Le tableau ci-dessous présente les opportunités d'approvisionnement en énergie possibles. Ces différentes solutions seront étudiées (ou non) en fonction de leur intérêt et de leur faisabilité :

	Variante	Étudiée	Argumentaire
1	Le raccordement à un réseau de chauffage ou de refroidissement collectif à plusieurs bâtiments ou urbain		<p>Le réseau de chaleur urbain le plus proche du site est Chancellerie Gibjoncs. Le point de raccordement le plus proche est situé à 710m à vol d'oiseau.</p>  <p>Même si le réseau de chaleur est classé, il est situé à plus de 200m du point de raccordement. Il n'est pas pertinent d'étudier cette solution.</p> <p>Mais si une extension du réseau dans le centre-ville de Bourges est prévue, il sera intéressant d'envisager le raccordement du tribunal.</p>
2	Récupération de chaleur fatale (groupe froid, eaux grises)		<p>Il n'y a aucun système sur lequel il serait possible de récupérer de la chaleur fatale. Ce dispositif n'est donc pas adapté au site.</p>

	Variante	Étudiée	Argumentaire
3	Les pompes à chaleur géothermiques	X	<p>Le site est situé dans une zone éligible à la GMI (Géothermie de Minime Importance) avec avis d'expert. La mise en place d'une pompe à chaleur géothermique sur sondes ou sur nappe est donc réalisable sous validation d'un expert agréé.</p>  <p>(source : https://www.geothermies.fr/viewer/)</p> <p>Le potentiel géothermique du site est important. Mais l'espace disponible n'est pas suffisant pour la mise en place de cette technologie (aucun espace foncier n'est disponible). De plus le site n'est pas correctement isolé. Cette solution ne sera pas étudiée.</p>

	Variante	Étudiée	Argumentaire
4	Les pompes à chaleur aérothermiques	✓	<p>La zone climatique est moyennement favorable à l'installation d'une pompe à chaleur aérothermique. Mais la pompe à chaleur fonctionne à basse température, le système de distribution doit être adapté. De plus, il est nécessaire que le site soit correctement isolé afin de pouvoir fonctionner à ce régime de température. Un appoint gaz sera nécessaire pour la mise en place de cette solution.</p> <p>Un point de vigilance est à retenir sur l'accessibilité en chaufferie ainsi que l'espace extérieur disponible pour l'unité extérieur.</p>
5	Les systèmes de chauffage biomasse	✓	<p>Le site étant anciennement alimenté en charbon, un accès de livraison est déjà disponible (utilisé pour la ventilation de la chaufferie aujourd'hui). De plus la place en chaufferie est suffisante pour accueillir le silo ainsi que la chaudière (grande hauteur sous plafond et surface au sol ...)</p> <p>Un point de vigilance est à retenir pour l'accessibilité en chaufferie. La chaufferie étant au sous-sol du bâtiment, son accès est limité. La chaudière ainsi que le silo devront être monté à l'intérieur de la chaufferie et être descendu en pièce détachée. Le sujet de l'évacuation des cendres est aussi à prendre en compte.</p>
6	Les systèmes solaires thermiques	✗	<p>Le besoin en eau chaude sanitaire n'est pas pertinent pour l'installation de systèmes solaires thermiques. De plus la toiture n'est pas adaptée pour la mise en place de ces systèmes.</p>

	Variante	Étudiée	Argumentaire
7	Les systèmes solaires photovoltaïques	✗	<p>La surface disponible en toiture ainsi que l'inclinaison rendent la mise en place d'une installation photovoltaïque non pertinente.</p>
8	Les systèmes éoliens	✗	<p>Le site est situé en milieu urbain dense avec des bâtiments à proximité. Cette solution n'est donc pas envisagée.</p>
9	Les systèmes de production combinée de chaleur et d'électricité	✗	<p>Le site n'a pas une utilisation aussi importante de l'électricité par rapport à ses besoins en chauffage. Ce système n'est donc pas pertinent.</p>

2.4 Système actuel

Un récapitulatif sur les dépenses énergétiques liées au système de chauffage actuel est présenté ci-dessous :

		Système Actuel
Consommation d'énergie du système	235 MWh _{EF}	281 MWh _{EP}
Emission de gaz à effet de serre du système	58 tCO ₂	

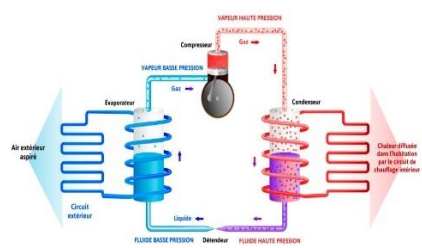
Cout annuel global d'exploitation du système	Consommation d'énergie	28 274 € ^{TTC}
	Maintenance (P2)	1 500 € ^{TTC}
	Gros entretien (P3)	540 € ^{TTC}
	Vente d'énergie	-
	Total	€ ^{TTC}

Coût d'investissement	10 800 € ^{TTC}
-----------------------	-------------------------

Le cout de l'énergie est celui utilisé en hypothèse durant toute l'étude.

Le coût de la maintenance P2 et P3 est issu de la base de données interne d'Alterea.

2.5 Pompe à chaleur aérothermique

Principe de fonctionnement	
<ul style="list-style-type: none"> La pompe à chaleur air-eau est un système qui repose sur l'utilisation des calories contenues dans l'air extérieur pour venir chauffer l'eau qui est présente dans le réseau de chauffage. Dans la pratique, l'eau chauffée par la <i>PAC air-eau</i> est ensuite envoyée dans le circuit, afin d'obtenir la température attendue au sein des différents locaux. La performance et le rendement d'une PAC sont définis par le COP (Coefficient Optimal de Performance). Ce coefficient représente le rapport, en kilowattheure (kWh), entre la quantité d'énergie produite et la quantité d'énergie utilisée. Plus ce coefficient est élevé et plus la consommation d'énergie est faible. 	 <p><i>Principe PAC air/eau</i></p>
Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> Système utilisant une énergie renouvelable améliorant le bilan environnemental du site. Rendement élevé permettant des économies d'énergie importantes sur l'énergie finale. Améliore le bilan environnementale (énergie électrique moins émettrice de CO₂ que le gaz ou le fioul). 	<ul style="list-style-type: none"> L'unité extérieure doit être positionnée à l'extérieur ou bien dans un local avec une amenée d'air neuf importante. Régime fonctionnant en basse température donc nécessité d'avoir un système de distribution et d'émission de chauffage adéquat. Augmentation du coût de l'énergie, de maintenance et de gros entretien. Nécessité de garder un appoint/secours gaz pour les réseaux de chauffage à haute température (batteries chaudes hydrauliques des CTA) et pour produire l'ECS. L'efficacité du système dépend de la température de l'air extérieur. Il est moins performant en hiver et peut se couper si l'air est très froid. Un appoint gaz peut être nécessaire. Nécessite de réduire fortement les déperditions de l'enveloppe avant d'installer ce type de système. Ce qui peut entraîner des cours supplémentaires.

Mise en œuvre

- Mise en place d'une pompe à chaleur air/eau (40 kW avec isolation du bâti). Son COP est 2,50.
- Reprise du réseau de distribution pour être adapté au régime de température de la pompe à chaleur (basse température).
- Mise en œuvre des équipements supplémentaires nécessaires au raccordement des pompes à chaleur sur les réseaux.
- Mise en place d'un appoint gaz.

Remarques :

- Le chiffrage présenté pour la mise en place de cette solution prend en compte l'isolation thermique des parois extérieures (murs extérieurs, plancher hauts et plancher bas). En prenant en compte l'isolation des parois, on prend en compte aussi une diminution des consommations énergétiques du site.
- L'unité extérieure doit être positionnée à l'extérieur ou bien dans un local avec une amenée d'air neuf importante. Il est possible d'entreposer l'unité extérieure à l'arrière du bâtiment.



- Il faut prendre en compte les dimensions, le poids et le bruit des installations. L'unité intérieure devra être montée à l'intérieur de la chaufferie en raison de la difficulté d'accès.

	Système actuel		Aérothermie isolation du bâti avec		Gain
Consommation d'énergie du système (Energie finale)	235	MWh _{EF}	71	MWh _{EF}	70%
Consommation d'énergie du système (Energie primaire)	281	MWh _{EP}	183	MWh _{EP}	35%
Émission de gaz à effet de serre du système	50,6	tCO ₂	6	tCO ₂	88%

Coût annuel global exploitation du système	Consommation d'énergie	28 274	€TTC	27 845 €TTC	12 784	€TTC	16 834 €TTC	14 399 €TTC
	Maintenance P2	1 500	€TTC		1 500	€TTC		0 €TTC
	Gros entretien P3	540	€TTC		2 550	€TTC		- 2 010 €TTC
	Vente d'énergie	-	€TTC		-	€TTC		-
	Bilan	13 481 €TTC			44%			

Surcoût d'investissement	535 500		€ ^{HT}		
Temps de retour brut	>30		ans		
Temps de retour actualisé	19		ans		
Conso énergétique sur 30 ans	7 044 489	kWh _{EF}	2 130 630	kWh _{EF}	70%
	8 421 141	kWh _{EP}	5 497 025	kWh _{EP}	35%
Emissions de CO ₂ sur 30 ans	1 518	tCO ₂	179	tCO ₂	88%
Cout global actualisé sur 30 ans avec aides	2 262 908	€ ^{TTC}	1 669 200	€ ^{TTC}	26%

2.6 Chaudière biomasse

Principe de fonctionnement

Une installation de production de chaleur par l'énergie bois comporte en général 4 sous-ensembles :

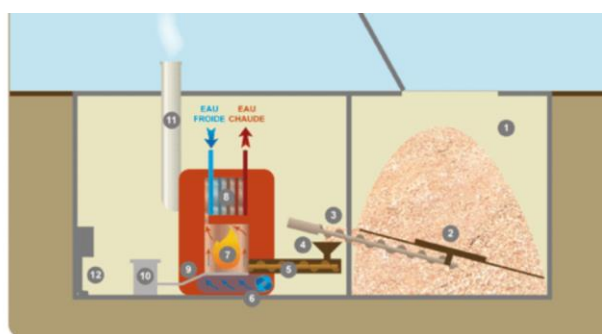
Un sous-ensemble de stockage (silo), de désilage (rotatif ou à échelles), de transfert du bois (système généralement de vis sans fin permettant de transporter le bois du silo à la chaudière)

Un sous-ensemble de générateur (chaudière bois avec une chaudière gaz ou fioul en appoint/secours)

Un sous-ensemble de traitement des cendres (filtration, cendrier déporté de plus ou moins grande taille)

Un sous-ensemble de stockage d'énergie thermique (ballon d'hydro-accumulation).

Le choix entre les types d'équipement s'effectue en fonction de la puissance de l'installation. Le choix du type de combustible s'effectue en fonction de la disponibilité locale, de la puissance de l'installation et de l'espace disponible.



Principe chaufferie bois (petite puissance < 250 kW)

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • Système utilisant une énergie renouvelable améliorant le bilan environnemental du site • Place disponible en chaufferie • Possibilité d'utiliser la production bois pour le chauffage en plein hiver • La chaudière bois permet d'alimenter les bâtiments en régime haute température. • Le bois est une énergie bon marché et dont le prix est assez stable dans le temps. • Promotion de la gestion durable des forêts et pour l'emploi de la filière locale bois. • Suppression du gaz 	<ul style="list-style-type: none"> • Investissement important • Pertes thermiques via les canalisations de distribution • Augmentation du coût de maintenance (pièces mécaniques supplémentaires liées au silo et au système de convoyage des granulés) et de gros entretien • Mise en œuvre nécessitant des aménagements pour le bois : création d'un silo, aménagement du local chaufferie, etc.

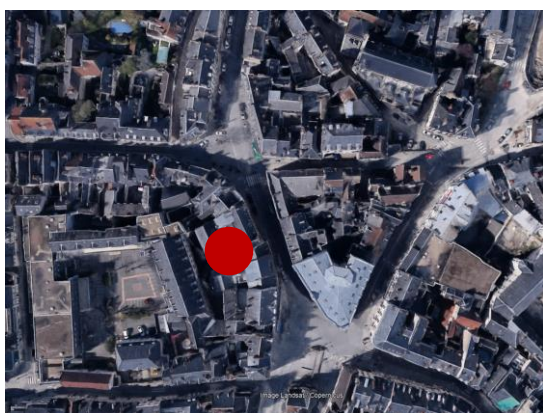
Mise en œuvre

- Dépose de la chaudière et des canalisations gaz.
- Aménagement du local chaufferie



La surface et la hauteur du local chaufferie permettent de mettre en place le silo (silo textile) ainsi que la chaufferie. Seul point de vigilance, l'accès en chaufferie qui reste étroit. Il sera nécessaire de pouvoir descendre les éléments de la chaufferie et du silo en pièce détachée.

- Zone de livraison :



Le site se trouve dans le centre-ville de Bourges. Les rues étant étroites aux alentours, la taille des camions de livraison sera restreinte. Une étude de faisabilité permettra de dimensionner avec précision la taille du camion ainsi que les fréquences de livraisons nécessaires.

Remarques :

- Monitorer l'installation pour suivre la performance.
- Prendre en compte les dimensions, le poids et le bruit des installations.
- Nous avons préconisé l'utilisation du granulé car les chaudières fonctionnant avec ce combustible demandent moins de maintenance et sont plus adaptables sur cette gamme de puissance que les chaudières fonctionnant avec la plaquette forestière.
- Le chemin d'accès à la chaufferie étant étroit, il est important de réfléchir à la manière dont seront évacuer les cendres.

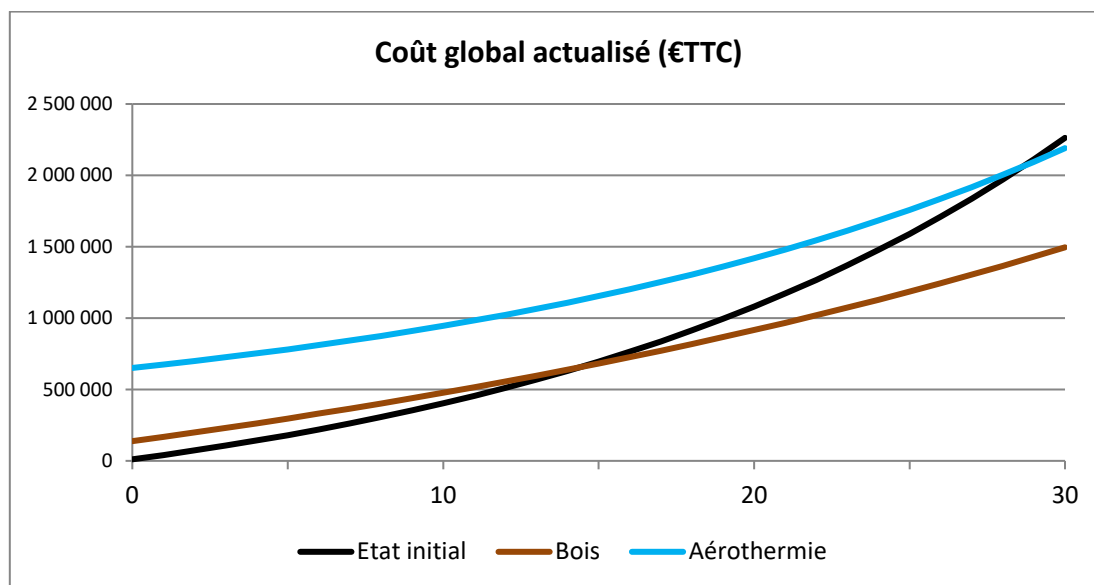
	Système actuel		Chaufferie biomasse		Gain
Consommation d'énergie du système (Energie finale)	235	MWh _{EF}	213	MWh _{EF}	9%
Consommation d'énergie du système (Energie primaire)	281	MWh _{EP}	259	MWh _{EP}	8%
Émission de gaz à effet de serre du système	50,6	t _{CO2}	4,8	t _{CO2}	90%

Coût annuel global exploitation du système	Consommation d'énergie	28 274	€TTC	30 314 €TTC	26 585	€TTC	30 885 €TTC	1 690 €TTC
	Maintenance P2	1 500	€TTC		2 500	€TTC		- 1000 €TTC
	Gros entretien P3	540	€TTC		1 800	€TTC		- 1260 €TTC
	Vente d'énergie	-	€TTC		-	€TTC		-
	Bilan	-570 €TTC			-2%			

Surcoût d'investissement	97 200		€ ^{HT}	
Temps de retour brut	>30		ans	
Temps de retour actualisé	14		ans	
Conso énergétique sur 30 ans	7 044 489	kWh _{EF}	6 394 680	kW _{hEF}
	8 421 141	kWh _{EP}	7 771 332	kW _{hEP}
Emissions de CO ₂ sur 30 ans	1 518	t _{CO2}	145	t _{CO2}
Cout global actualisé sur 30 ans avec aides	2 262 908	€ ^{TTC}	1 517 787	€ ^{TTC}

2.7

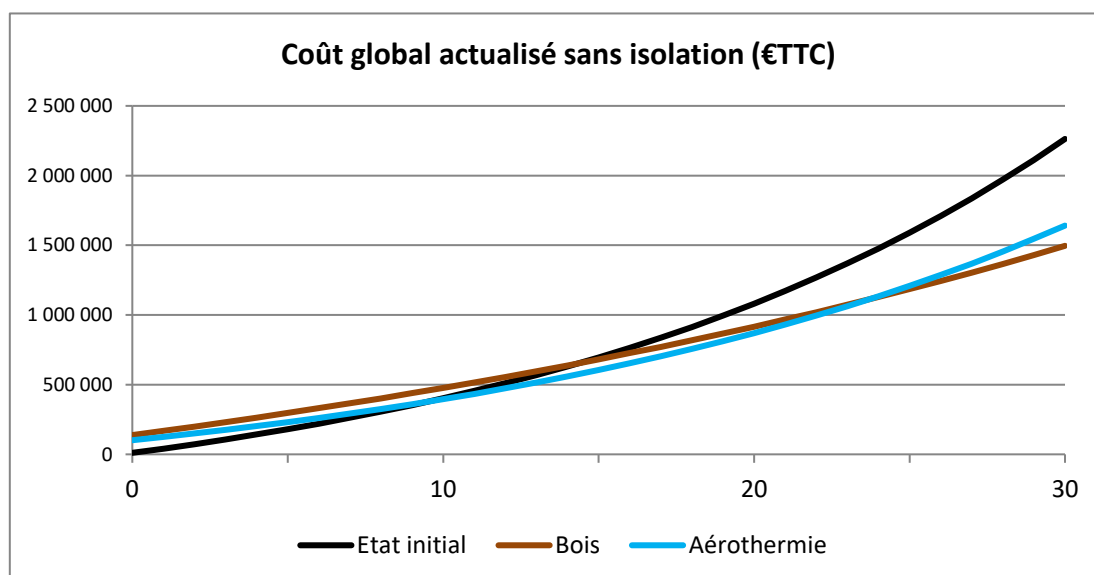
2.7 Evaluation économique



D'un point de vue financier, le coût d'investissement de la solution aérothermie est plus importante que celui de la solution bois. Le temps de retour sur investissement est de 19 ans pour la solution aérothermie et de 14 ans pour la solution bois. La chaudière biomasse est plus intéressante.

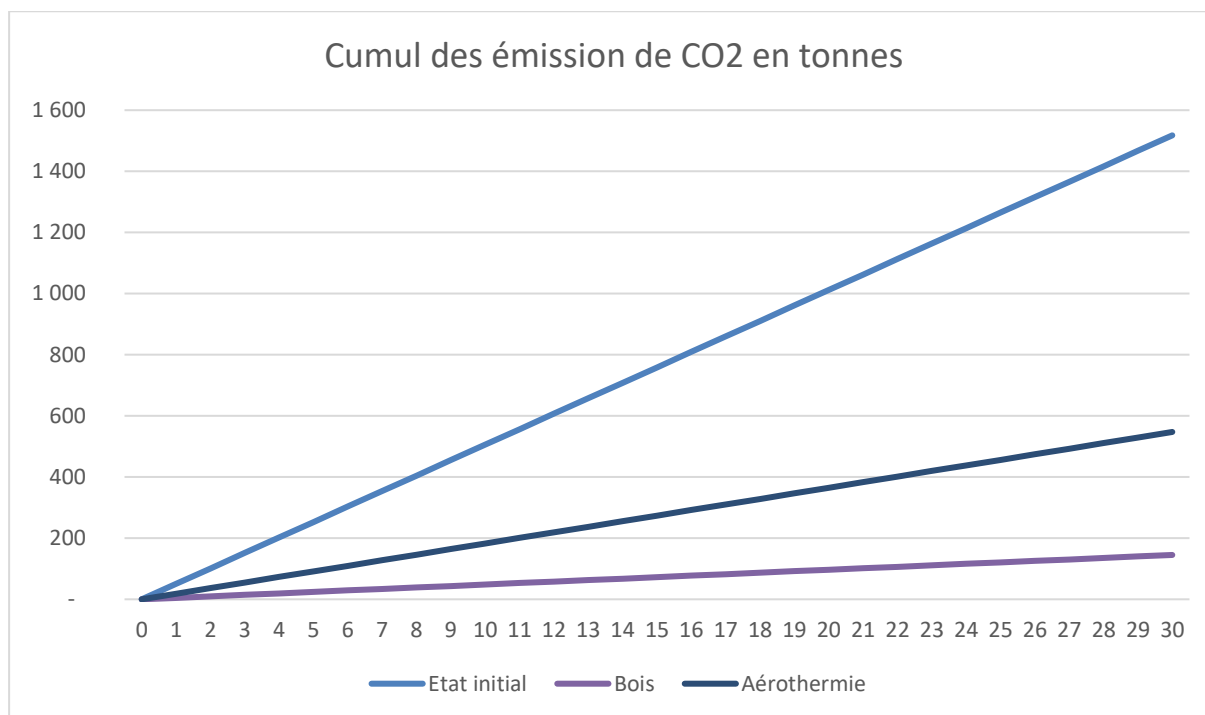
Dans la solution aérothermique, l'isolation des parois extérieures a été intégrée dans le chiffrage, car c'est un paramètre important pour le bon fonctionnement de la pompe à chaleur. La puissance de dimensionnement utilisé est celle après isolation des parois. Ce coût d'investissement représente 460 000€.

Coût global sans l'isolation des parois pour la solution en aérothermie



Sans prendre en compte les coûts d'investissement liés à l'isolation du bâti, le coût initial est plus élevé pour la solution bois et le temps de retour sur investissement est meilleur pour la solution en aérothermie avec 9 ans. Mais ne pas isoler le bâtiment pourrait empêcher le bon fonctionnement de la pompe à chaleur.

2.8 Evaluation environnementale



Ce graphique montre que deux solutions permettent de limiter très fortement les émissions de gaz à effet de serre et donc d'améliorer de façon très significative la performance environnementale du site. La solution bois permet d'économiser 90% d'émission de CO2 au bout de 30 ans, et la solution aérothermie 64% des émissions en CO2. En effet la mise en place d'une solution aérothermique engendrera des consommations électriques supplémentaires, qui est à court terme une énergie plus émettrice en CO2 que le bois. Il est néanmoins rappelé que le mix énergétique du réseau ENEDIS et ses émissions de CO2 sont appelés à réduire dans les années à venir.

2.9 Synthèse des variantes envisagées

		Actuel	Chaudière biomasse	Pompe à chaleur aérothermique avec isolation du bâti
Bilan Énergétique	Consommation d'énergie du système (MWh _{EF})	235	213	71
	Cumul sur 30 ans (MWh _{EF})	7044	6395	2131
	Consommation d'énergie du système (MWh _{EP})	281	259	183
	Cumul sur 30 ans (MWh _{EP})	8421	7771	5497
	Émission de gaz à effet de serre du système (tCO ₂)	51	5	6
	Cumul sur 30 ans (tCO ₂)	1518	145	179
Bilan Financier	Coût global d'exploitation du système (€ ^{TTC} /an)	29 774	30 885	16 834
	Surcoût d'investissement (€ ^{HT})	-	108 000	546 300
	Temps de retour brut (ans)	-	>30	>30
	Temps de retour actualisé (ans)	-	14	19
	Coût global sur 30 ans (€)	2 262 908	1 517 787	1 669 200

3 CONCLUSION

Pour conclure la solution la plus intéressante d'un point de vue énergétique est la solution aérothermique avec isolation du bâti. Néanmoins cette solution engendre de nombreux travaux sur le bâti dans un premier temps (afin de rendre l'enveloppe performante) et sur le réseau de distribution afin d'être adapté au régime de température d'une pompe à chaleur (basse température).

Avec la solution biomasse, le cout d'investissement initial est moins élevé et le temps de retour sur investissement est plus avantageux. De plus, moins de travaux sont envisagés. Cette solution permet aussi de faire une réduction de 90% des émissions de CO₂. C'est la solution qui est préconisée.

Mais dans les deux cas, une problématique liée à l'accessibilité de la chaufferie est à relever. En effet, l'accès à la chaufferie situé au sous-sol est très étroit ce qui complexifie la mise en place des systèmes. Il est impératif de s'assurer que les éléments sont démontables et peuvent être assemblés dans la chaufferie.

4 ANNEXE : DETAIL DU CHIFFRAGE

Les tableaux ci-dessous présentent le détail des éléments considérés dans le chiffrage de chaque variante étudiée. Les prix sont issus de notre base de données et sont actualisés.

4.1 Pompe à chaleur aérothermique

Poste	€HT
Pompe à chaleur air/eau de 60 kW avec un COP de 2,5	43 200
Réseau de distribution + panoplie hydraulique	36 100
Protection acoustique	8 000
Isolation bâti (parois extérieures, planchers bas, planchers haut)	459 000
Total	546 300

4.2 Chaudière biomasse

Poste	€HT
Chaudière biomasse (100 kW)	90 000
Local silo de stockage	10 000
Panoplie hydraulique (pompe, vannes, réseaux de chaufferie)	8 000
Total	108 000