

ARCHIPEL HABITAT

Construction de 75 logements - Bâtiment A Hôtel Dieu - Ilot Saint Martin - Rennes

PROJET

SIMULATION THERMIQUE DYNAMIQUE STD

1.3.2 Maîtrise d'œuvre

Architecte :

ALL
3 Rue d'Espagne
352000 Rennes
☎ : 02 99 31 10 10
✉ : contact@all-architecte.fr

Économiste :

AUAS Ingénierie
53 Rue Jules Vallès
35000 Rennes
☎ : 02 22 91 08 43
✉ : osalaun@auas.fr

BET Structure :

AUAS Ingénierie
53 Rue Jules Vallès
35000 Rennes
☎ : 02 22 91 08 47
✉ : slabit@auas.fr

BET Fluides - Thermique - VRD :

OTEIS
10 Parc de Brocéliande
38760 SAINT GREGOIRE
☎ : 02 99 23 45 67
✉ : rennes@oteis.fr

1.3.3 Autres intervenants

Bureau de contrôle :

SOCOTEC
318 Route de Fougères
35706 RENNES Cedex 7
☎ : 02 99 83 55 88
✉ :

Coordonnateur SPS :

QUALICONSULT
Parc Affaires Edonia
35760 SAINT GREGOIRE
☎ : 02 99 23 94 94
✉ :

Acousticien :

ALHYANGE
51 / 53 Avenue de Grésillé
49000 ANGERS
☎ : 02 52 35 21 23
✉ : valdeloire@alhyange.com

BET Environnement :

HINOKI
19 bis, rue Legraverend
35000 RENNES
☎ : 06 81 43 56 94
✉ : lonfo@hanoki.eu

INDICE	DATE	OBJET	EMETTEUR	APPROBATEUR
00	05/05/2023	Création du document	Pierre AUMONT	Cécile GOUPIL

TABLE DES MATIÈRES

1. PREAMBULE	4
1.1 PRESENTATION	4
1.2 LOGICIELS ET DOCUMENTS DE REFERENCE	4
1.3 AVERTISSEMENT	4
2. DONNEES ARCHITECTURALE.....	5
2.1 VUES 3D DU PROJET	5
2.2 DEFINITION DES ZONES THERMIQUES.....	7
2.3 ENVELOPPE.....	9
2.3.1 Perméabilité à l'air.....	9
2.3.2 Liste et localisation des isolants.....	9
2.3.3 Menuiseries	9
2.3.4 Protections solaires	9
2.3.5 Ponts thermiques	10
3. HYPOTHESES	11
3.1 METEOROLOGIE	11
3.2 TEMPERATURE DE CONSIGNE	11
3.3 OCCUPATION.....	12
3.4 ECLAIRAGE	13
3.5 PUISSANCE DISSIPEE (AUTRES QUE L'ECLAIRAGE)	13
3.6 VENTILATION	13
3.7 VENTILATION NATURELLE PAR OUVERTURE DES FENETRES	13
4. RESULTATS DE LA SIMULATION	14
4.1 BESOINS DE CHAUFFAGE	14
4.2 CONFORT D'ETE DANS LES LOCAUX.....	15
4.2.1 Confort d'été – impact de l'ouverture des fenêtres et des volets roulants.....	15
5. CONCLUSION.....	21

1. PREAMBULE

1.1 PRESENTATION

Cette étude est une Simulation Thermique Dynamique (STD) réalisée dans le cadre de la construction d'un bâtiment de logement collectif, secteur St Martin, bâtiment A, à RENNES (35).

Une STD est un calcul heure par heure sur une année type du comportement thermique d'un bâtiment. Son objectif est d'étudier le confort d'été des différents locaux et les besoins en chauffage.

1.2 LOGICIELS ET DOCUMENTS DE REFERENCE

La modélisation du bâtiment a été effectuée avec le logiciel PLEIADES, version 5.19.8.1.

Dans le cadre de la présente étude, le bâtiment est saisi en prenant en compte les plans Architecte, niveaux et façades du 22 mars 2023.

1.3 AVERTISSEMENT

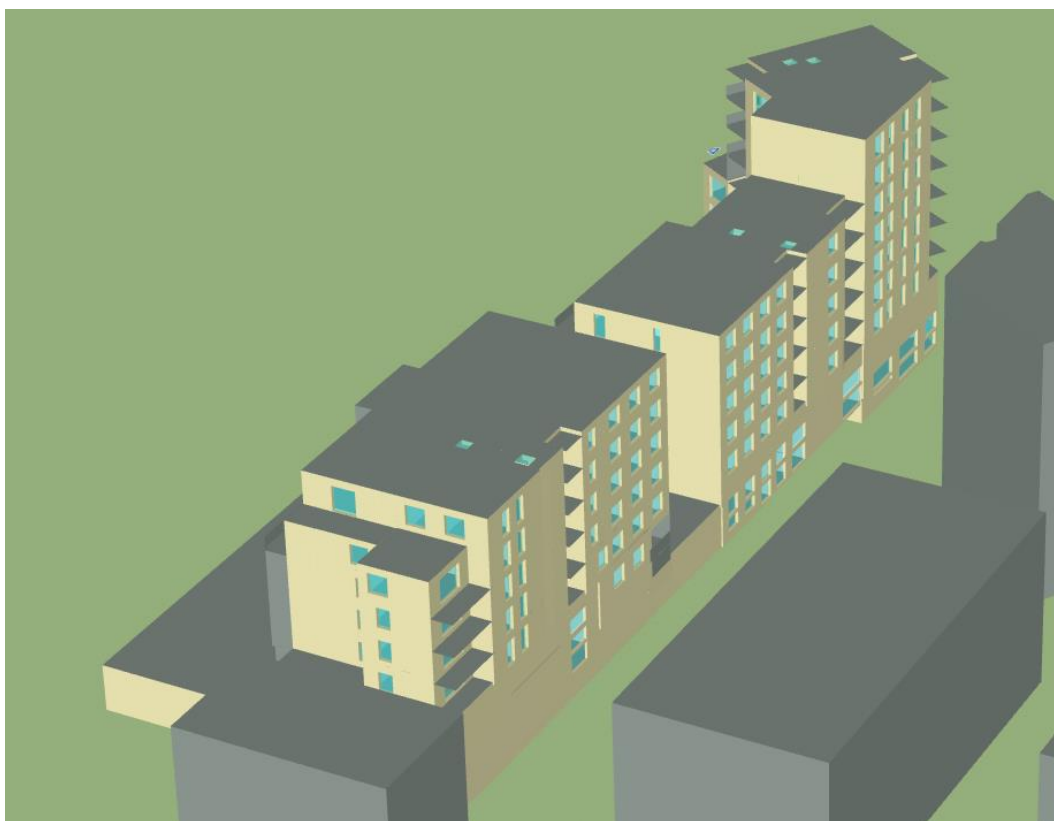
Il est à noter que la simulation thermique dynamique est un outil d'aide à la conception et ne peut servir à prévoir la consommation de chauffage d'un bâtiment. En effet, cette prévision suppose de connaître un très grand nombre de paramètres comme le débit exact d'air neuf (surtout lorsque ce débit est variable), celui d'infiltration, les heures de présence de chacun, la météo (température, humidité et insolation), la position des occultations, la chaleur dégagée par les personnes et surtout la température exacte dans les locaux ainsi que le comportement des occupants (portes ouvertes sur l'extérieur en hiver par exemple). L'influence de cet ensemble de paramètres est de plusieurs dizaines de pourcents. Il est donc illusoire de chercher à prévoir une consommation, et donc de chercher à comparer une mesure au résultat d'un calcul.

2. DONNEES ARCHITECTURALE

2.1 VUES 3D DU PROJET

Le logiciel Pléiades permet de visionner le bâtiment en 3 dimensions.

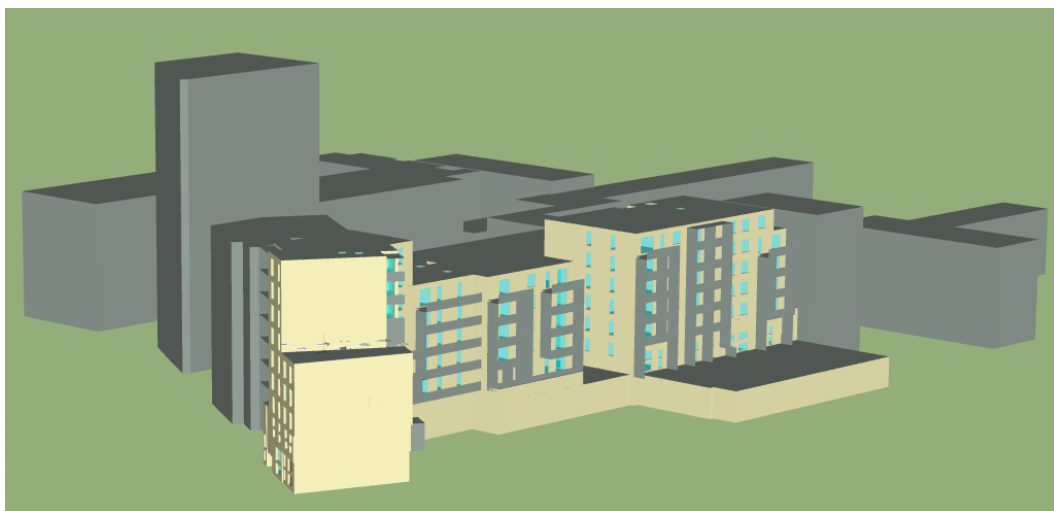
Point de vue Sud-est (avec masques)



Point de vue Ouest (avec masques)



Point de vue Nord-ouest (avec masques)



2.2 DEFINITION DES ZONES THERMIQUES

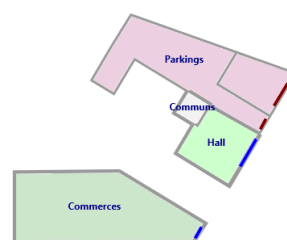
Le zonage thermique consiste à regrouper les pièces d'un même bâtiment ayant une exposition au soleil et un fonctionnement et/ou une utilisation similaire d'un point de vue énergétique. La localisation des zones est présentée ci-après.

Bâtiment A3

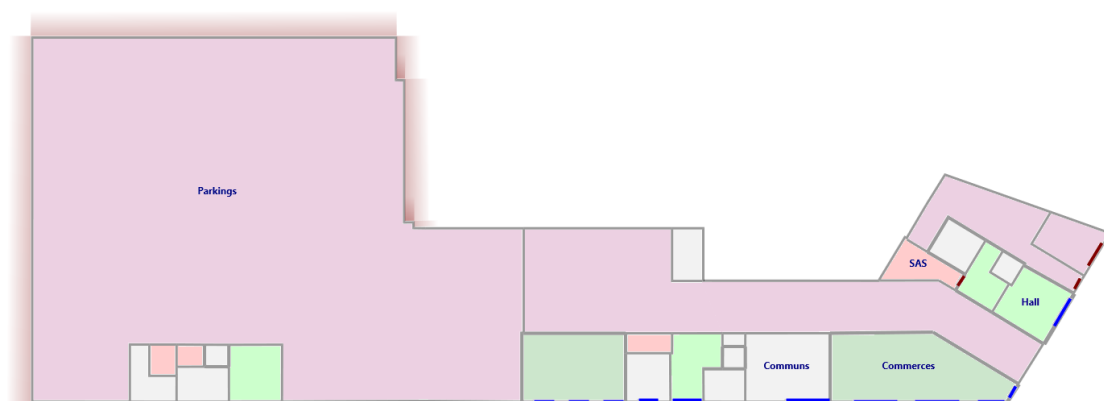
Bâtiment A2

Bâtiment A1

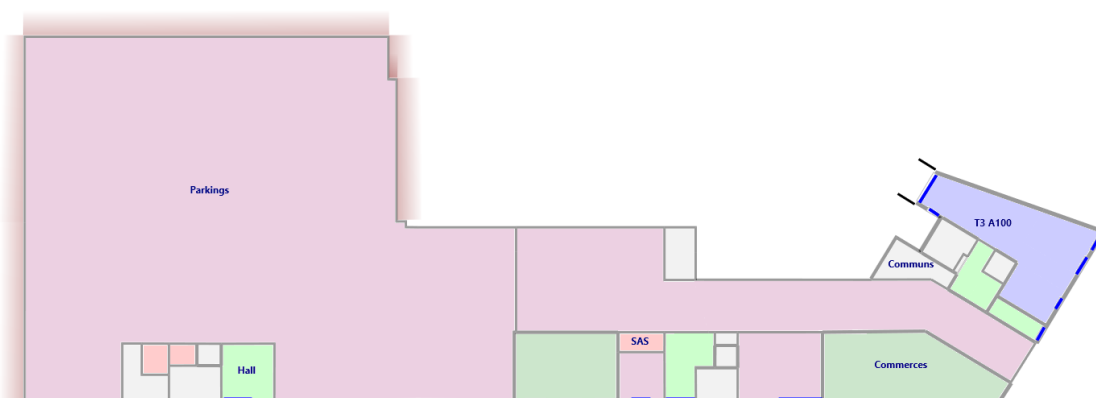
R-1 Com A1



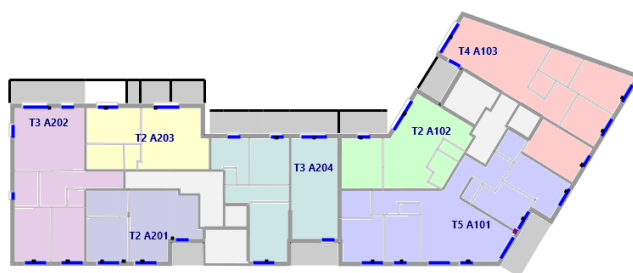
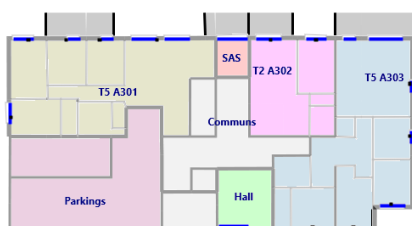
R-1 Com A2



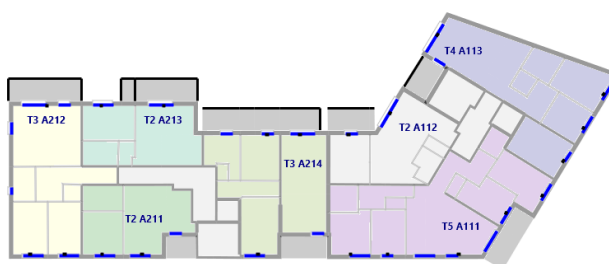
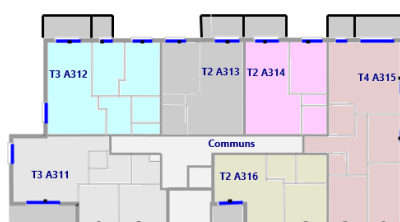
RDC bas A1



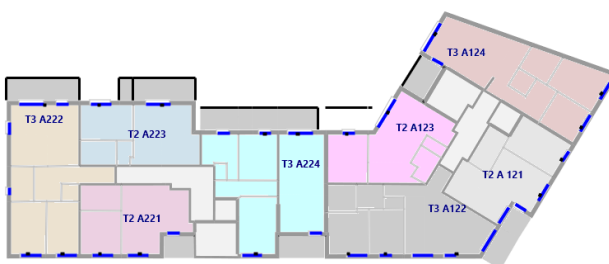
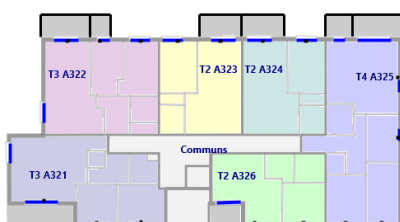
RDC



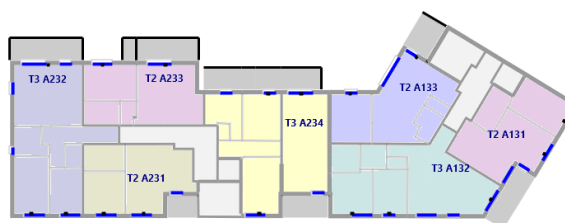
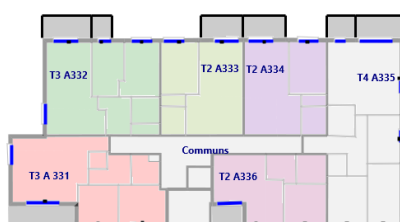
R+1



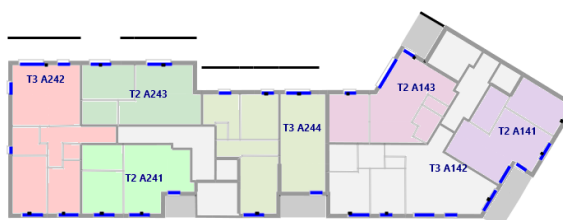
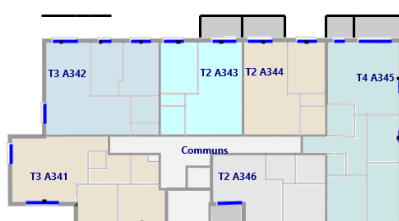
R+2



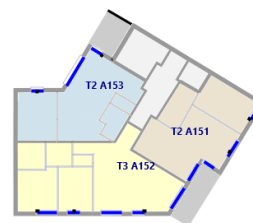
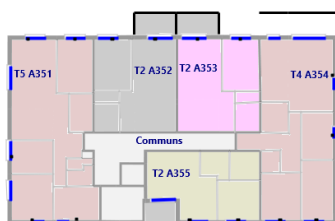
R+3



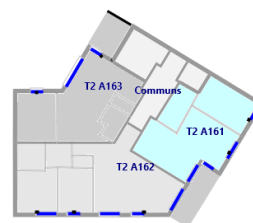
R+4



R+5



R+6



2.3 ENVELOPPE

2.3.1 Perméabilité à l'air

La perméabilité est de $I_4 = 0.8 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2$ dans l'ensemble du Bâtiment A.

2.3.2 Liste et localisation des isolants

Se référer au « Calcul Thermique Réglementaire RT 2012 - PRO » du 31/03/2023.

2.3.3 Menuiseries

Se référer au « Calcul Thermique Réglementaire RT 2012 - PRO » du 31/03/2023.

Le type d'ouverture (française, oscillo-battante) est défini selon les plans architectes. Voir aussi le paragraphe [3.7 - Ventilation naturelle par ouverture des fenêtres.](#)

2.3.4 Protections solaires

Les protections solaires prises en compte au niveau du calcul STD, sont les suivantes :

- *Volets roulants*
- *Balcons formant une casquette fixe*

L'ombrage lié à l'environnement urbain (bâtiments à proximité) est pris en compte dans le calcul.

Les stores intérieurs ne sont pas pris en compte dans les calculs STD, ils sont utiles pour lutter contre l'éblouissement mais peu contre la surchauffe.

Lorsque les volets roulants sont abaissés à mi-hauteur en journée, ils diminuent les apports solaires de 50 %.

Le tableau ci-après présente le scénario d'abaissement des protections extérieures lors de la période estivale (de Mai à Octobre) en fonction de l'orientation de la façade :

Orientation	Horaires Abaissement des volets roulants
Est	De 21h à 13 h
Sud	De 10h à 20h et de 21h à 7h
Ouest	De 13h à 7h
Nord	De 21h à 7h

2.3.5 Ponts thermiques

Ils sont pris en compte dans le calcul, suivant détail présenté dans le « Calcul Thermique Réglementaire RT 2012 - PRO » du 31/03/2023.

3. HYPOTHESES

La pertinence des résultats obtenus est conditionnée par les hypothèses de calcul.

L'ensemble des hypothèses doit être validé par la Maîtrise d'ouvrage, en particulier les scénarios d'occupation.

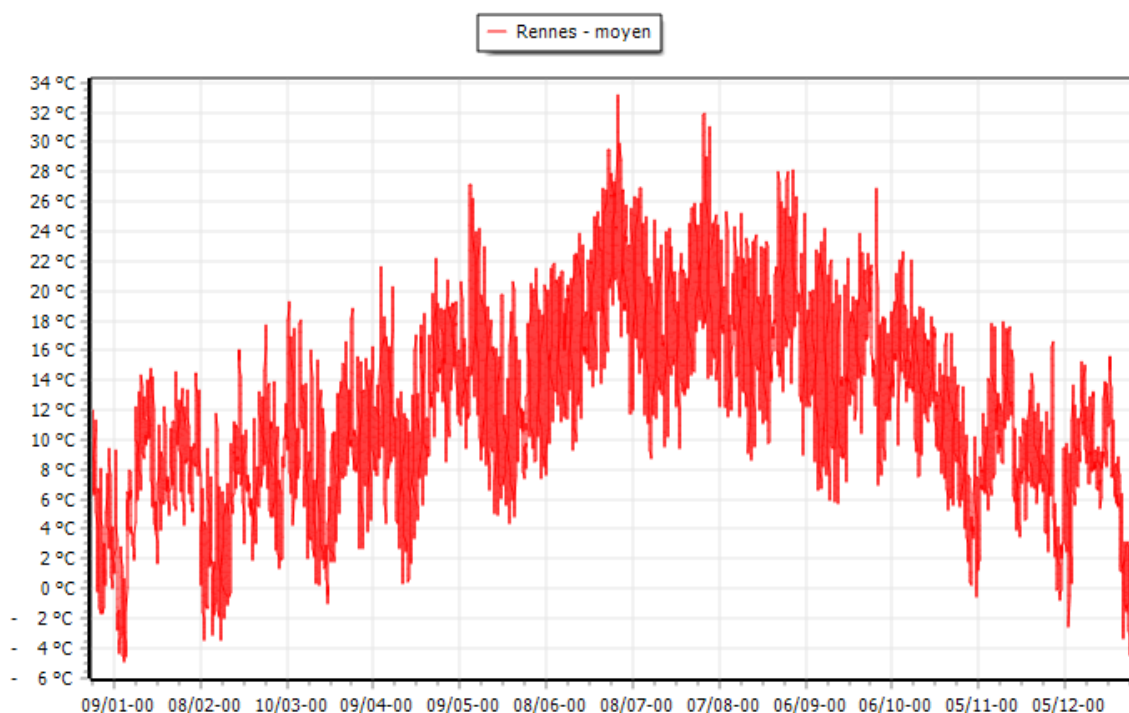
3.1 METEOROLOGIE

Le fichier météorologique est issu des données du logiciel METEONORM du CSTB pour la station de RENNES (35). Ce fichier utilise les valeurs moyennes sur 10 ans (2010-2019) pour simuler des conditions « moyennes ».

Les caractéristiques du fichier météo sont présentées ci-dessous.

Nom	Rennes	Altitude	35 m
Longitude	1° 43' 12"O	Latitude	48° 4' 12"N
Températures	Minimale	Maximale	Moyenne
	- 4.90°C	33.20°C	12.08°C

Fichier « moyen »



3.2 TEMPERATURE DE CONSIGNE

Le système de chauffage dans les locaux est supposé être disponible du 1 octobre au 20 mai.

Les valeurs correspondent aux températures qui seront atteintes dans les différents locaux :

- Logements à 19°C en période d'occupation, 16°C hors occupation.
- Espaces non chauffés : Halls, Sas, Parkings, Locaux vélos, Local transfo.

3.3 OCCUPATION

Ci-après les tableaux d'occupation annuelle des locaux

Nombre maximal d'occupants par type de local

Type de logement	Occupation maximale	
	Nombre	Pers/m ²
T2	2	
T3	3	
T4	4	
T5	5	
Hall		0,02

Occupation <i>probable</i> tous les jours %					
Heure	T2	T3	T4	T5	Halls
0-7h	100	100	100	100	20
7-8h	100	100	100	100	100
8-9h	50	33	25	40	100
9-10h	50	33	25	20	100
10-11h	50	33	25	20	100
11-12h	50	33	25	20	100
12-13h	50	67	50	40	100
13-14h	50	67	50	40	100
14-15h	50	33	25	20	100
15-16h	50	33	25	20	100
16-17h	50	33	25	20	100
17-18h	50	33	25	20	100
18-19h	50	33	50	40	100
19-20h	100	100	100	100	100
20-21h	100	100	100	100	20
21-22h	100	100	100	100	20
22-23h	100	100	100	100	20
23-24h	100	100	100	100	20

Des apports sensibles par occupant sont contenus dans les scénarios d'occupation et ne seront donc pas inclus dans les scénarios de puissance dissipée.

- Apports par occupant : 80 W

3.4 ECLAIRAGE

Les puissances dissipées par l'éclairage sont prises égales à 100 % des puissances d'éclairage installées. Une puissance d'éclairage installée de 1.4 W/m² est prise en compte dans l'ensemble des logements, puissance issue des règles Th-BCE 2012.

Pour prendre en compte l'allumage de l'éclairage selon un **seuil d'éclairement**, un calcul d'éclairement naturel a été mené, avec un niveau d'éclairement souhaité de 300 lux. Ce calcul permet de prendre en compte un allumage ou non de l'éclairage, en fonction de l'exposition des locaux et des ombrages.

3.5 PUISSANCE DISSIPÉE (AUTRES QUE L'ECLAIRAGE)

Les puissances dissipées sont issues des règles Th-BCE 2012

- Télévision, ordinateur, appareils électro-ménagers : 5.7W/m² en occupation et 1.14W/m² en inoccupation/nuit.

3.6 VENTILATION

L'ensemble des logements est ventilé par un système de ventilation Hygro B avec des débits suivant l'avis technique n°14.5/17-2269_V1.

Ce système de ventilation est économique du point de vue énergétique, expliquant le fait qu'il ne ventile pas beaucoup lorsqu'il y a de gros apports externes ou internes.

3.7 VENTILATION NATURELLE PAR OUVERTURE DES FENETRES

Les **portes intérieures** du bâtiment sont considérées comme **fermées**.

Une ventilation naturelle est rendue possible par ouverture des fenêtres dans les locaux.

C'est une solution économique et efficace pour diminuer l'inconfort pendant l'occupation en évacuant les apports internes.

L'ouverture est prise en compte uniquement en période d'occupation, elle est adaptée à la saison, à la température intérieure et extérieure. Les conditions d'ouverture des fenêtres sont les suivantes :

En été,

$T_{ext} < T_{local}$ et ouverture lorsque $T_{Local} > 25^{\circ}C$, fermeture lorsque T_{Local} est abaissée à $23^{\circ}C$

En mi- saison,

$T_{ext} < T_{local}$ et ouverture lorsque $T_{Local} > 27^{\circ}C$, fermeture lorsque T_{Local} est abaissée à $25^{\circ}C$

En hiver,

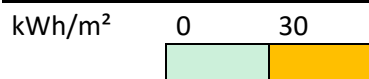
$T_{ext} < T_{local}$ et ouverture lorsque $T_{Local} > 29^{\circ}C$, fermeture lorsque T_{Local} est abaissée à 27°

4. RESULTATS DE LA SIMULATION

4.1 BESOINS DE CHAUFFAGE

Le tableau ci-après donne les besoins annuels de chauffage pour chacune des zones étudiées.

Besoins de chauffage (KWh/m²)					
A1		A2		A3	
T3 A100	44	T2 A201	44	T5 A301	44
T5 A101	15	T3 A202	22	T2 A302	41
T2 A102	19	T2 A203	34	T5 A303	38
T4 A103	19	T3 A204	38	T3 A311	30
T5 A111	8	T2 A211	25	T3 A312	14
T2 A112	8	T3 A212	11	T2 A313	34
T4 A113	12	T2 A213	22	T2 A314	11
T2 A 121	15	T3 A214	23	T4 A315	12
T3 A122	8	T2 A221	24	T2 A316	28
T2 A123	9	T3 A222	10	T3 A321	16
T3 A124	38	T2 A223	20	T3 A322	8
T2 A131	18	T3 A224	22	T2 A323	12
T3 A132	8	T2 A231	25	T2 A324	9
T2 A133	10	T3 A232	13	T4 A325	5
T2 A141	18	T2 A233	21	T2 A326	21
T3 A142	8	T3 A234	22	T3 A 331	16
T2 A143	10	T2 A241	46	T3 A332	9
T2 A151	19	T3 A242	33	T2 A333	12
T3 A152	11	T2 A243	41	T2 A334	9
T2 A153	13	T3 A244	42	T4 A335	5
T2 A161	42			T2 A336	20
T2 A162	30			T3 A341	24
T2 A163	37			T3 A342	18
				T2 A343	14
				T2 A344	10
				T4 A345	6
				T2 A346	21
				T5 A351	41
				T2 A352	35
				T2 A353	30
				T4 A354	27
				T2 A355	42
Besoins moyens A1		Besoins moyens A2		Besoins moyens A3	
18		27		21	
Besoins moyens de chauffage Bâtiment A					
22 kWh/m²					



Selon résultats de la simulation « A074STD1 »

Les besoins moyens sur l'ensemble du bâtiment sont de 22 kWh/m².an, valeur liée aux performances du bâtiment ainsi qu'aux de températures de consigne, plages d'occupation et à la ventilation mécanique double flux.

Les logements ayant les besoins les plus élevés sont ceux qui possèdent un plancher haut ou bas donnant sur un local non chauffé ou sur l'extérieur.

4.2 CONFORT D'ETE DANS LES LOCAUX

4.2.1 Confort d'été – impact de l'ouverture des fenêtres et des volets roulants

Les scénarios suivants sont comparés

- N°1 : Fenêtres restant fermées, pas d'utilisation des volets roulants
- N°2 : Fenêtres restant fermées, utilisation des volets roulants abaissés de 50% selon scénario § 2.3.2 Protections solaires page 7
- N°3 : Ventilation naturelle par ouverture des fenêtres - les fenêtres sont ouvertes par les utilisateurs (surface de passage d'air=10 % de la surface vitrée par local), avec utilisation à 50% des volets roulants
- N°4 : Ventilation naturelle par ouverture des fenêtres - les fenêtres sont ouvertes par les utilisateurs (surface de passage d'air=30 % de la surface vitrée par local), sans utilisation des volets roulants
- N°5 : Ventilation naturelle par ouverture des fenêtres - les fenêtres sont ouvertes par les utilisateurs (surface de passage d'air=30 % de la surface vitrée par local), avec utilisation à 50% des volets roulants

Nous parlerons d'inconfort dans les locaux à occupation prolongée quand le nombre d'heures où la température dépasse 28°C est supérieur à 50h.

Une représentation permet de déceler les zones où l'inconfort risque d'être important. La légende est un code couleur qui indique le nombre d'heures au-dessus de 28°C.

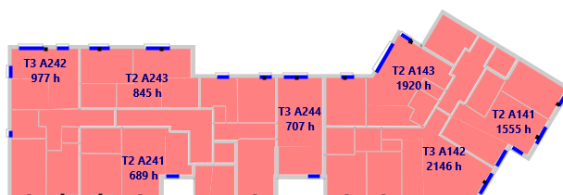
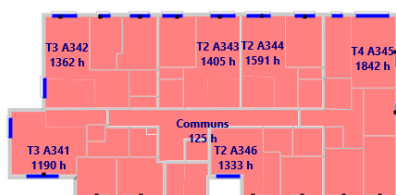
Zones	Nombre d'heures en occupation avec T>28°C				
	N°1 : Fen fermées, sans VR	N°2 : Fen fermées, avec VR 50%	N°3 : Ouv fen 10%, avec VR 50%	N°4 : ouv fen 30%, sans VR	N°5 : Ouv fen 30%, avec VR 50%
T3 A100	533	389	24	35	33
T5 A101	1561	1014	36	26	22
T2 A102	1554	831	41	19	8
T4 A103	887	604	39	31	28
T5 A111	1846	1323	44	28	28
T2 A112	1846	1154	61	21	9
T4 A113	1111	733	46	32	28
T2 A 121	1675	1215	46	30	28
T3 A122	2079	1537	50	60	31
T2 A123	1947	1256	43	30	8
T3 A124	685	467	32	34	30
T2 A131	1632	1203	44	30	30
T3 A132	2179	1587	50	92	32
T2 A133	1969	1260	31	47	29
T2 A141	1555	1125	40	30	30
T3 A142	2146	1525	48	81	32
T2 A143	1920	1187	22	38	27
T2 A151	1325	923	38	30	30
T3 A152	1902	1284	50	39	32
T2 A153	1706	967	32	39	32
T2 A161	969	668	34	28	28
T2 A162	1439	862	43	36	32
T2 A163	1223	651	30	39	32
T2 A201	586	348	6	6	4
T3 A202	947	472	14	28	22
T2 A203	813	418	17	14	7
T3 A204	579	305	11	29	22
T2 A211	808	465	14	7	4
T3 A212	1258	640	16	31	24
T2 A213	1024	520	25	17	8
T3 A214	758	406	14	31	25
T2 A221	918	512	18	7	4
T3 A222	1378	710	22	34	26
T2 A223	1113	554	27	18	8
T3 A224	807	456	15	31	23
T2 A231	879	516	18	8	6
T3 A232	1301	651	23	39	28
T2 A233	1069	542	26	19	8
T3 A234	813	458	18	32	25
T2 A241	689	426	16	9	6
T3 A242	977	536	27	40	32
T2 A243	845	471	24	20	8
T3 A244	707	392	24	34	29
T5 A301	740	370	3	20	13

Zones	Nombre d'heures en occupation avec T>28°C				
	N°1 : Fen fermées, sans VR	N°2 : Fen fermées, avec VR 50%	N°3 : Ouv fen 10%, avec VR 50%	N°4 : ouv fen 30%, sans VR	N°5 : Ouv fen 30%, avec VR 50%
T2 A302	813	427	0	0	0
T5 A303	755	409	11	24	22
T3 A311	985	508	8	20	20
T3 A312	1231	595	5	23	19
T2 A313	987	510	0	3	0
T2 A314	1360	686	0	3	0
T4 A315	1376	768	5	19	16
T2 A316	1086	566	0	5	5
T3 A321	1265	652	8	22	21
T3 A322	1566	807	6	24	15
T2 A323	1454	739	1	3	0
T2 A324	1634	954	3	3	0
T4 A325	1799	1203	6	19	16
T2 A326	1311	712	0	5	5
T3 A 331	1340	684	8	23	21
T3 A332	1601	823	6	25	21
T2 A333	1528	803	3	3	0
T2 A334	1694	1028	4	3	0
T4 A335	1917	1353	8	24	17
T2 A336	1408	778	2	5	5
T3 A341	1190	603	8	25	21
T3 A342	1362	648	8	27	23
T2 A343	1405	672	2	3	0
T2 A344	1591	887	4	4	0
T4 A345	1842	1243	10	22	14
T2 A346	1333	723	0	5	5
T5 A351	888	463	13	34	27
T2 A352	1031	525	0	3	1
T2 A353	1281	615	4	3	2
T4 A354	1474	814	9	25	17
T2 A355	1063	580	2	5	5

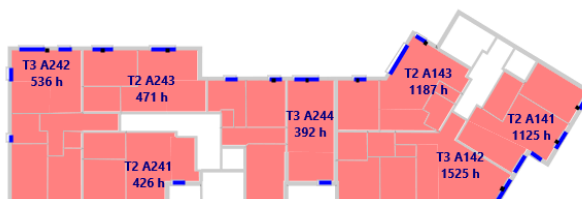
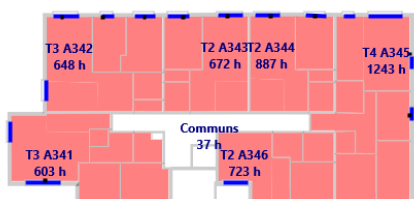
Selon résultats des simulations « A074STD1 », « A074STD2 », « A074STD3 », « A074STD4 » et « A074STD5 »

Nombre d'heures d'inconfort de l'Étage 4 suivant les scénarios :

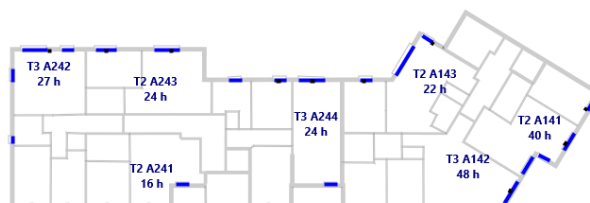
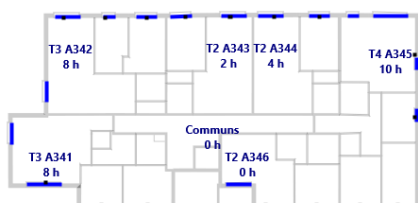
N°1



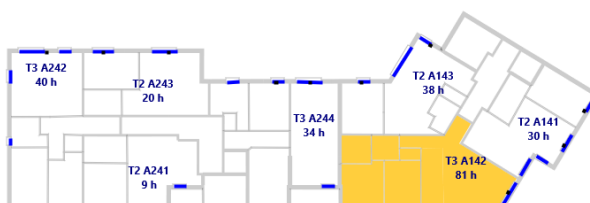
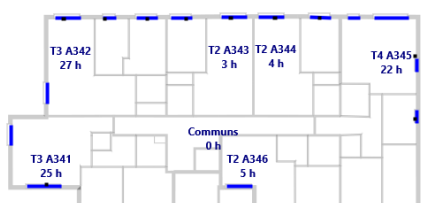
N°2



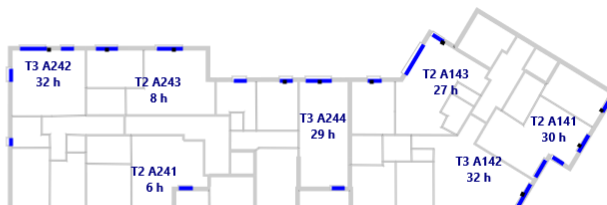
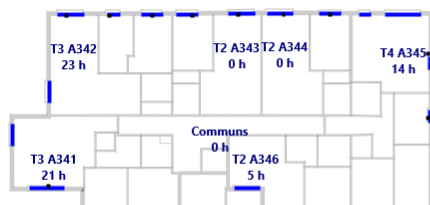
N°3



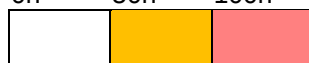
N°4



N°5



0h 50h 100h



L'inconfort apparaît sans surprise

- Lorsqu'il n'y a pas d'utilisation des volets roulants ou d'ouverture des fenêtres
- Plus particulièrement dans les étages les plus hauts du bâtiment

Courbes de température ci-après, du dimanche 1 juillet au samedi 7 juillet

Rouge : Température Rennes moyen

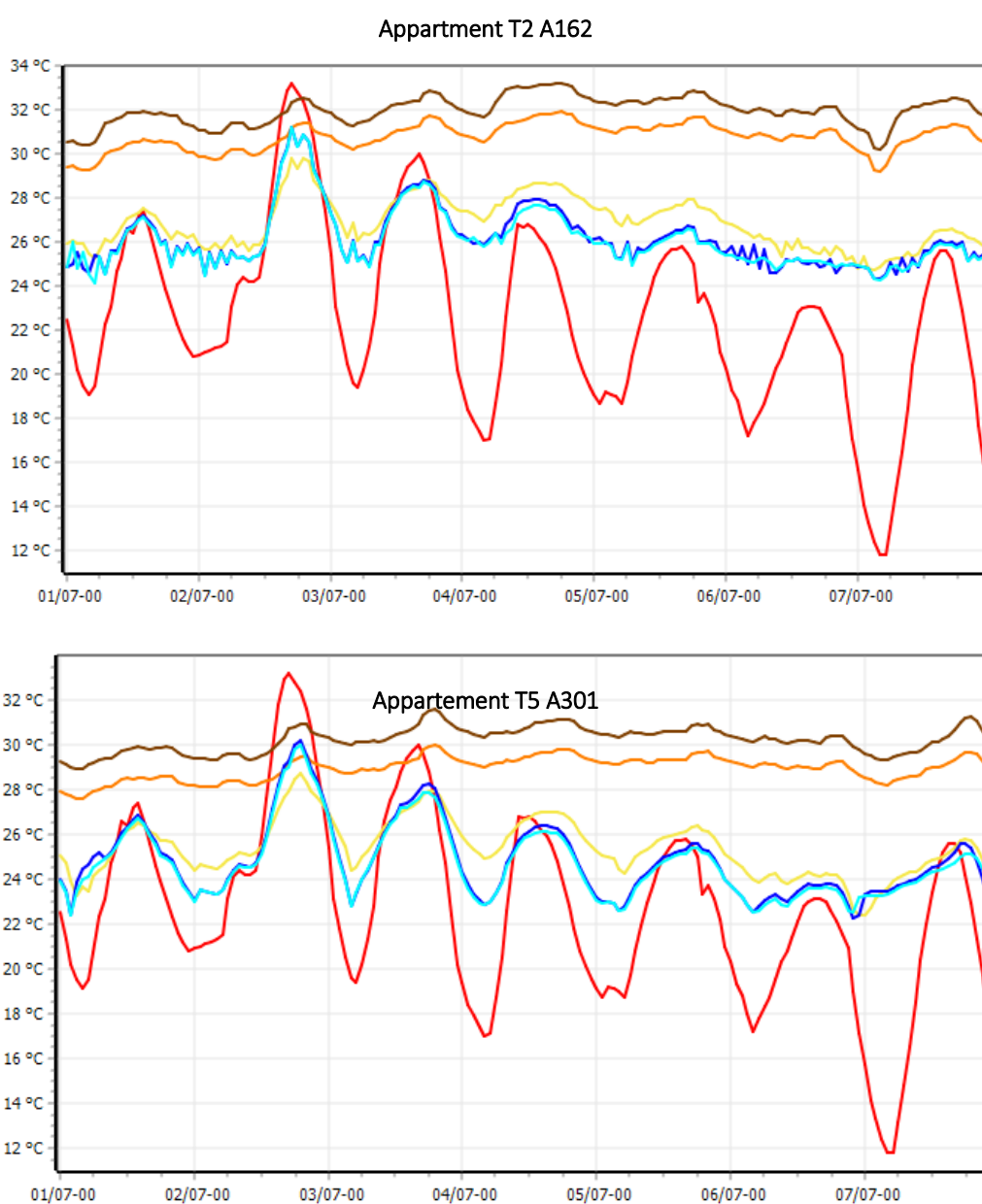
Marron : Scénario 1 : fenêtre fermées, pas d'utilisation des volets roulants

Orange : Scénario 2 : fenêtres fermées, utilisation des volets roulants rabaissés de 50%

Jaune : Scénario 3 : Ouverture des fenêtres de 10%, utilisation des volets roulants rabaissés de 50%

Bleu foncé : Scénario 4 : Ouverture des fenêtres de 30%, pas d'utilisation des volets roulants

Bleu clair : Scénario 5 : Ouverture des fenêtres de 30%, utilisation des volets roulants rabaissés de 50%



Selon résultats des simulations « A074STD1 », « A074STD2 », « A074STD3 », « A074STD4 » et « A074STD5 »

Grâce à la STD, on voit que l'ouverture des fenêtres, de 10% à 30% de leur surface permet facilement de diminuer la température des logements de 3 à 4°C. Cette ventilation naturelle par ouverture des fenêtres est la solution la plus simple pour diminuer le nombre d'heures d'inconfort dans les logements.

5. CONCLUSION

La simulation thermique permet de mettre en évidence des **besoins en chauffage** de 22 kWh/m² par an.

En ce qui concerne le **confort d'été**, les simulations mettent en évidence l'utilité de certaines dispositions prises en compte :

- Ouvrants permettant une surface de passage d'air représentant 10 à 30% de la surface vitrée,
- Ventilation naturelle des logements suivant les scénarios d'occupation
- Utilisation des volets roulants abaissés de 50% à certaines heures de la journée suivant leur orientation

Avec ces dispositions et les hypothèses prises en compte, l'ensemble des logements présentent moins de 50 heures d'inconfort. L'inconfort correspond à une température supérieure à 28°C dans le local.

Conseils utilisateurs :

La performance énergétique et environnementale d'un bâtiment dépend de 2 étapes clés :

- Une conception optimale sur le plan architectural, technique, énergétique et pour le confort des utilisateurs,
- Une exploitation intelligente, avec sensibilisation du personnel exploitant et des utilisateurs pour garantir un fonctionnement efficace du bâtiment.

En période estivale et pour une efficacité optimale, il est nécessaire de combiner les solutions techniques passives et actives à un comportement responsable des utilisateurs. Pour cela, il est primordial que les utilisateurs soient informés et sensibilisés aux risques de surchauffes, notamment sur la gestion des ouvrants et des protections solaires mobiles :

- Aération régulière des chambres à la mi- saison et en période estivale,
- Aération matinale principalement en période estivale marquée par des pics de chaleurs,
- Fermeture des volets roulants de 50% à la mi- saison lorsque les apports solaires sont importants,
- Fermeture des volets roulants en période estivale adaptée à la météo et aux orientations.

Nous avons pris en compte des occupants 24h/24, ce qui est pénalisant du point de vue du confort d'été car les occupants sont source d'apports de chaleur. Dans la réalité, certains logements seront inoccupés en journée ainsi qu'une partie de l'été.

Cette hypothèse permet néanmoins d'appréhender plus finement le confort d'été en se positionnant dans le cas le plus défavorable.



Amélioration des installations de production d'eau chaude d'un EHPAD sur la commune de Pleurtuit (35)

ETUDE DE FAISABILITE D'UNE INSTALLATION SOLAIRE THERMIQUE POUR LA PRODUCTION D'EAU CHAUDE

Indice	Date	Modifications	Rédacteur	Chargé d'affaires
0	2 Juin 2023	Création de document	Pierre AUMONT	Cécile GOUPIL
1	7 Juin 2023	Tarif énergie et TVA	Pierre AUMONT	Cécile GOUPIL

TABLE DES MATIÈRES

1. PREAMBULE ET CONTEXTE	3
1.1 Préambule	3
1.2 Contexte	3
1.3 Présentation du site	4
1.4 Surface du bâtiment	5
1.5 Etat des lieux des installations	5
1.6 Les objectifs de l'étude	5
2. ETUDE DE FAISABILITE	6
2.1 Zone d'implantation des capteurs solaires	6
2.1.1 Inclinaison des capteurs solaires	6
2.1.2 Orientation des capteurs solaires	7
2.1.3 Technologie des capteurs solaires thermiques	8
2.1.4 Système de fixation	9
2.2 Consommation d'eau chaude sanitaire	9
2.2.1 Estimation de la consommation d'eau chaude sanitaire du site Puissance chaufferie	9
2.3 Dimensionnement de l'installation solaire thermique	12
2.3.1 Définition du volume du ballon de stockage solaire	12
2.3.2 Définition de la surface de capteurs solaires	12
2.4 Schema de principe de l'installation solaire thermique	13
2.4.1 Station hydraulique solaire	14
2.4.2 Technologie du ballon solaire	15
2.5 Suivi énergétique	15
2.6 Evaluation du taux de couverture	16
2.7 Calcul des tonnes de CO2 évitées	18
2.8 Estimation des coûts de l'installation solaire	19
3. ETUDE ECONOMIQUE ET FINANCIERE	19
3.1 Cout des énergies	19
3.2 Frais de maintenance	19
3.3 Subventions	19
3.4 Synthèse économique	20
3.5 Conclusion	23

1. PREAMBULE ET CONTEXTE

1.1 PREAMBULE

Suite aux audits énergétiques réalisés par le BET ERESS et aux demandes des utilisateurs de l'EHPAD de « La Sage » , la SA HLM LA RANCE a fait la demande de la présente étude donc l'objectif est d'apporter au maître d'ouvrage des éléments d'aide à la décision quant à la faisabilité d'une installation solaire thermique pour la production d'eau chaude.

Cette étude comprendra les volets suivants :

- Volet technique : faisabilité, pertinence, priorités techniques
- Volet financier : montant des travaux, économies générées, temps de retour
- Volet environnemental : gain environnemental généré, impacts et retombées

1.2 CONTEXTE

Cette étude s'inscrit dans un contexte environnemental fort, où l'urgence climatique est retranscrite par les donneurs d'ordre à travers des programmes de construction ou de rénovation ambitieux.

1.3 PRESENTATION DU SITE

Le bâtiment se situe sur la commune de Pleurtuit

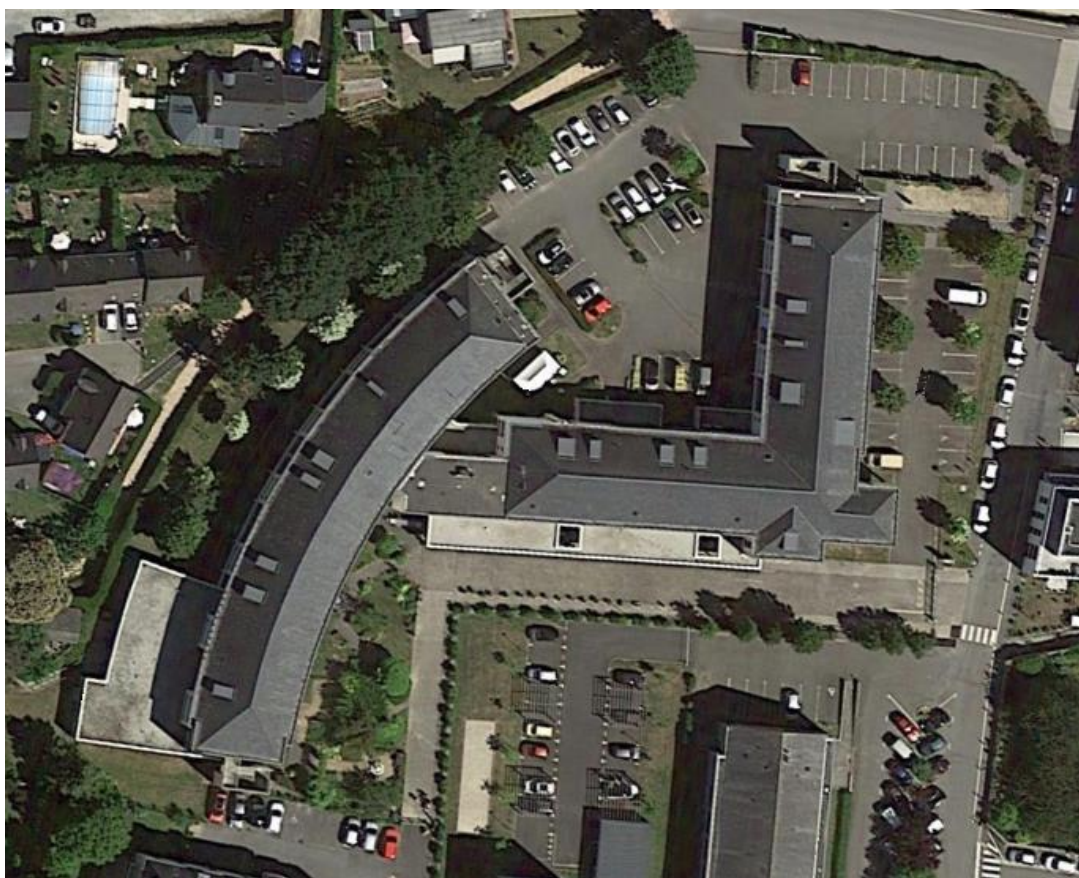
- Département : 35
- Zone hiver : H2a
- Température extérieure de base : - 4°C
- Latitude : 48°

Il a été construit en 2003 et comporte 3 niveaux : RDC – 1^{er} étage – 2^{ème} étage.

Au rez-de-chaussée se trouvent le Hall, les locaux administratifs, les salles à manger et cuisine, la buanderie, les vestiaires et sanitaires, l'atelier, les locaux technique, le garage ainsi que 12 chambres.

Les 2 étages sont tous deux composés de 51 chambres et locaux résidents et personnels.

Sur la base de la photographie ci-dessous, le périmètre d'étude concerne le projet d'installation d'un équipement de chauffage solaire thermique pour l'eau chaude sanitaire au sein de l'EHPAD.



1.4 SURFACE DU BATIMENT

Le tableau ci-après indique la surface de plancher.

	Surface de plancher (m ²)
Bâtiment	5580

1.5 ETAT DES LIEUX DES INSTALLATIONS

Actuellement, le système de chauffage de l'eau chaude se compose de :

- 2 chaudières haut rendement de la marque ATLANTIC de type OPTIMAGAZ de 2003 et d'une puissance de 407 kW.
- 1 circuit à température constante alimentant un échangeur à plaques complet d'une puissance de 166kW avec un ballon de stockage de 1500 litres et 2 pompes de bouclage ECS. C'est une installation de production d'ECS de type semi-instantanée.



Echangeur sanitaire



Ballon de stockage

Afin de réduire les consommations d'énergie, le remplacement des chaudières haut rendement par des chaudières condensation s'impose. En complément, il sera prévu un préchauffage de l'eau chaude sanitaire par des panneaux solaires thermiques.

1.6 LES OBJECTIFS DE L'ETUDE

Cette étude abordera les volets suivants :

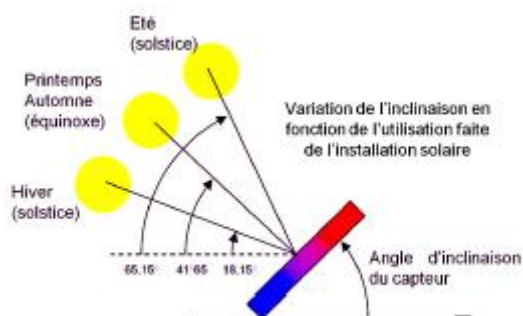
- Vérifier la faisabilité technique et économique d'une installation solaire thermique pour la production d'eau chaude.
- Estimer la consommation d'eau chaude sanitaire du site.
- Dimensionner l'installation solaire thermique en cohérence vis-à-vis des besoins en eau chaude sanitaire du site et des exigences de rentabilité économique de l'installation.
- Fournir au maître d'ouvrage des éléments clairs, fiables et chiffrés lui permettant d'apprécier l'intérêt de réaliser le projet.

2. ETUDE DE FAISABILITE

2.1 ZONE D'IMPLANTATION DES CAPTEURS SOLAIRES

2.1.1 Inclinaison des capteurs solaires

La puissance reçue par les capteurs est optimale lorsque le rayonnement solaire est perpendiculaire. Cependant la hauteur du soleil est variable selon les heures de la journée et les jours de l'année.



Hauteur du soleil par rapport à l'horizontal au cours de la journée et de l'année par une latitude de 48°

Pour les besoins annuels d'eau chaude sanitaire, l'inclinaison optimale est la latitude du lieu à laquelle l'installation se trouve (30° pour notre projet). Néanmoins, entre 15° et 60°, les performances ne sont que peu touchées.

Pour notre projet, les capteurs solaires seront posés sur la toiture avec une inclinaison de 30° suivant image ci-dessous :

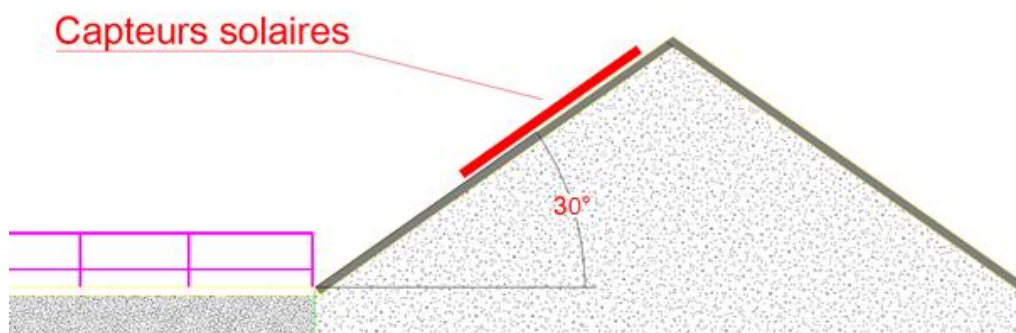


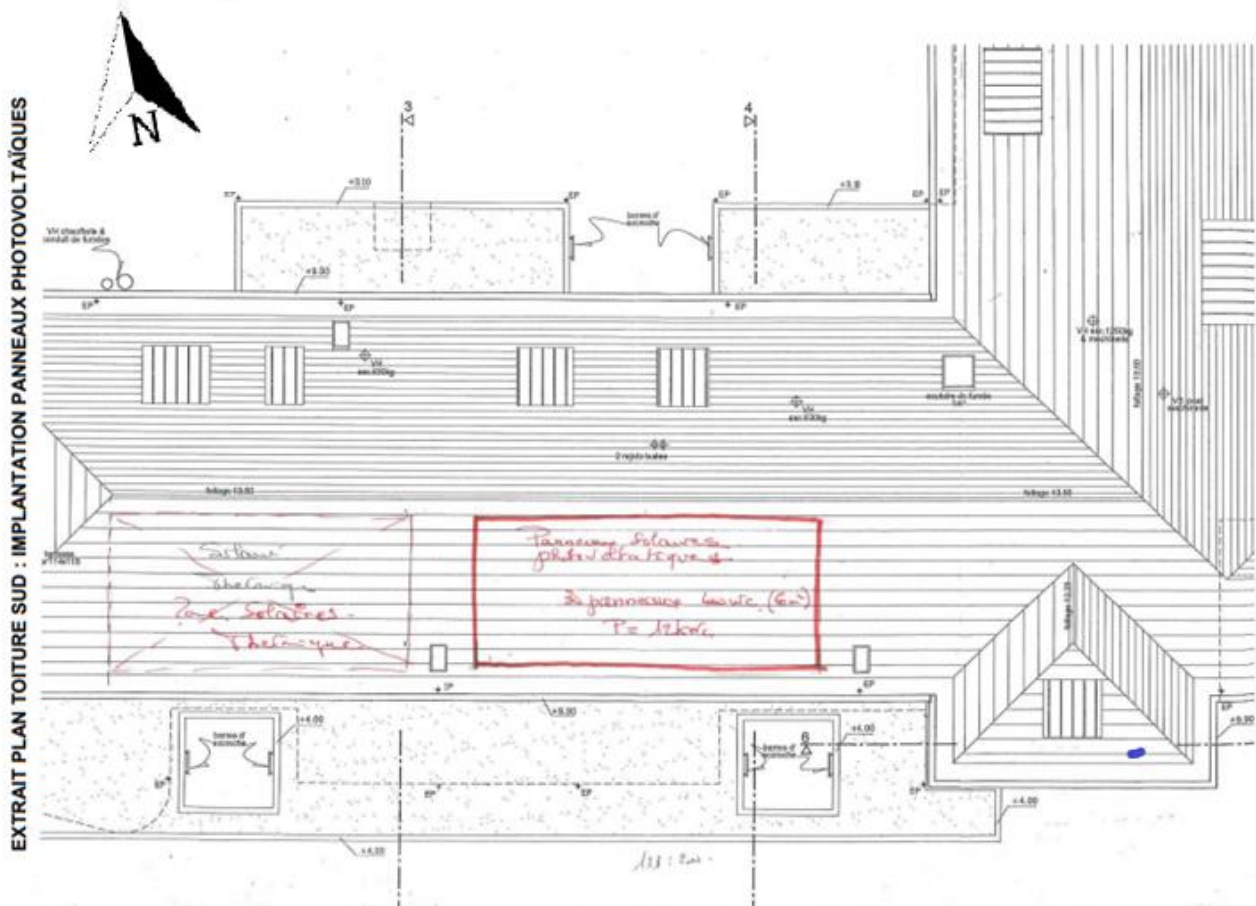


Photo d'une installation de capteurs thermiques avec pose sur toiture

2.1.2 Orientation des capteurs solaires

L'orientation du capteur par rapport aux points cardinaux influe sur l'énergie thermique fournie par ce dernier. L'orientation sud du champ des capteurs est idéale. Dans les faits, une plage d'orientation admissible de plus ou moins 45° par rapport au sud peut être tolérée.

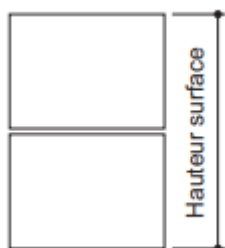
Pour notre projet, les capteurs solaires thermiques seront orientés à 10.1° / Sud.



2.1.3 Technologie des capteurs solaires thermiques

Les capteurs solaires retenus pour l'étude sont de marque ATLANTIC de type SOLAR PLAN 230V, certifié Solar Keymark 011-7S260F. Les capteurs seront de type plat et conviennent pour un toit en pente.

Ils seront installés horizontalement en double rangées suivant le principe ci-dessous :



Capteurs solaires thermiques horizontaux double rangée

Ils posséderont les caractéristiques suivantes :

SPÉCIFICATIONS TECHNIQUES		
Surface capteurs solaires net	m ²	2,00
Surface capteurs solaires total	m ²	2,30
Longueur	mm	2099
Largeur	mm	1099
Hauteur	mm	110
Matériel console		Aluminium
Isolation		55 mm Laine de roche
Absorbeur chaleur		Serpentin en tube de cuivre soudé sur une tôle d'aluminium
Pression de fonctionnement maximale	bar	10
Contenance en fluide	l	1,7
Température de stagnation	°C	194
Température permis maximale	°C	250
Surface d'entrée capteurs solaires	m ²	2,00
Rendement optique	%	0,804
Coefficient de perte du premier ordre	W/(m ² .K)	3,235
Coefficient de perte du second ordre	W/(m ² .K)	0,0117
Facteur d'angle d'incidence		0,94
Poids à vide	kg	40

Il sera prévu en complément pour chaque boucle une vanne de purge manuelle servant uniquement pour le remplissage.

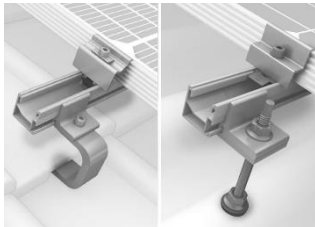
2.1.4 Système de fixation

La couverture sur laquelle sera posé les capteurs solaires thermiques est de type ardoise fixée sur une charpente bois.



Image de la couverture ardoise

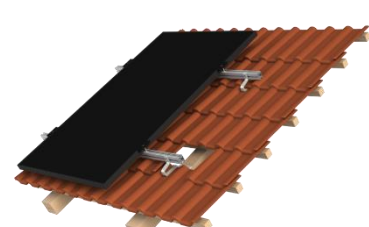
L'installation comprendra un système d'attache pour toits ardoisés.



Attache pour toits à ardoises



Rails de fixation des capteurs



Installation des capteurs

2.2 CONSOMMATION D'EAU CHAUDE SANITAIRE

2.2.1 Estimation de la consommation d'eau chaude sanitaire du site Puissance chaufferie

Hypothèses de calcul pour l'Eau Chaude Sanitaire

Les professionnels impliqués au sein de SOCOL se sont concertés afin de proposer ici des ratios correspondant à des besoins réalistes en eau chaude sanitaire en fonction du type d'application concernée. Ces ratios sont élaborés sur la base de nombreux audits, mesures et études réalisés dans toute la France sur des installations de chaleur solaire collective.

L'objectif principal du document est de mettre à disposition de la filière des ratios permettant de dimensionner au plus juste une installation solaire thermique performante, en écartant au maximum les risques de surdimensionnement.

Ratio de dimensionnement conseillé



Maison de retraite

Restauration

15 litres par lit et par jour à 60°C

3 litres par couvert et par jour à 60°C

Pour ce qui est du linge, les ratios communément admis sont de 6 litres par kg de linge.

Sur la base des relevés réalisés dans l'EHPAD dans les zones résidents (salle de bains + cuisine) et buanderie, en considérant que la buanderie neuve consommera 2 fois plus que celle existante, on a des besoins de 22 litres d'ECS à 60°C / jour par résident.

Calcul de la consommation d'eau annuelle

22l eau par jour x nombre de résident moyen x nombre de jour :

22 x 110 x 365.25 = 884 m³ d'eau à 60 °C.

Calcul de la consommation annuelle pour produire l'ECS

$Cecs [MWh] = [Vecs \times Cp \text{ eau} \times (Tecs - Tefs) \times 2.7778 \times 10^{-7} / \eta]$

- Cecs : Consommation eau chaude sanitaire
- Vecs : Volume d'ECS annuel consommé à 60°C en litre
- Cp eau : chaleur spécifique de l'eau [kJ/(kg*K)]
- Tecs : Température d'ECS (60°C)
- Tefs : Température d'EFS (10°C)
- 2.7778×10^{-7} : coefficient de conversion kJ en MWh
- η : rendement de l'installation estimé à 0.9

$Cecs = [883905 \times 4.186 \times (60 - 10) \times 2.7778 \times 10^{-7}] / 0.9 = 57.1 \text{ MWh}$

Estimation de la consommation annuelle pour réchauffer le bouclage

L'hypothèse repose sur le principe d'un bouclage du collecteur principal en sous plafond du rez-de-chaussée et des colonnes dans les étages supérieurs.

Les diamètres des canalisations d'ECS ont été calculées à partir du tableau suivant en prenant en compte le nombre de chambres / appareils desservis, les débits et les vitesses :

Nombre d'appareils max desservis	Diamètre tuyauterie Aller/Retour
5	14/16
19	20/22
50	26/28
91	30/32

L'épaisseur du calorifuge des canalisations de marque ARMSTRONG type ARMAFLEX de classe 4 a été choisi selon les caractéristiques suivantes :

- 19 mm pour tubes en cuivre jusqu'au diamètre extérieur de 16 mm inclus.
- 32 mm pour tubes en cuivre au-delà du diamètre extérieur de 16 mm à 32 mm.

Coefficient de déperdition par mètre de conduite :

$$Q = \frac{2 * \pi * \text{Lambda} * (T_{\text{maintien}} - T_{\text{a mini}})}{\text{Ln} (D_e / D_i)} * 1.2$$

- Q : Coefficient de déperdition par mètre de conduite (W/m)
- Lambda : conductivité thermique du calorifuge des conduites (0.042 W/m.K)
- T maintien : Température ECS (60°C)
- T a mini : Température ambiance (20°C)
- De : diamètre extérieur conduite (42mm dont 20mm de calorifuge)
- Di : diamètre intérieur conduite (20 mm)

Consommation annuelle pour réchauffer le bouclage

Cbouclage bâtiment gauche ECS : Q x L x t

- Cbouclage: consommation annuelle pour réchauffer le bouclage (MWh/an)
- Q : Coefficient de déperdition par mètre de conduite (W/m)
- L : longueur totale des conduites (m)
- T : temps de fonctionnement du bouclage (heures)

	Bâtiment gauche	Bâtiment droite	Colonnes	Cuisine	TOTAL
Déperditions canalisations ECS					
Q (W/m)	10,0	10,9	9,4	13,0	
L (m)	204,0	199,0	360,0	93,0	856,0
T (h)	8760,0	8760,0	8760,0	8760,0	
Cbouclage (MWh/an)	17,4	19,5	29,6	10,6	77,1

Cbouclage total : 77.1 MWh/an

La consommation d'énergie liée au bouclage est égale à 135% de la consommation liée à la production d'ECS. Nous avons cherché à optimiser la consommation d'énergie liée au bouclage en prenant en compte une épaisseur de calorifuge des réseaux ECS/REC correspondant à la classe 4, mais la surface du bâtiment étant importante, cela induit de fait une longueur de réseaux importante.

Valeurs prises en compte pour les consommations d'eau chaude sanitaire et résultats :

Bâtiment	
Nombre de lits	114
Conso d'eau annuelle à 60°C (m3)	884
Consommation annuelle pour produire l'ECS (MWh / an)	57.1
Consommation annuelle pour réchauffer le bouclage (MWh / an)	77.1
Résultat (MWh / an)	134.2

2.3 DIMENSIONNEMENT DE L'INSTALLATION SOLAIRE THERMIQUE

Le dimensionnement de l'installation solaire thermique est réalisé suivant les règles de l'art « grenelle environnement 2012 ».

2.3.1 Définition du volume du ballon de stockage solaire

Le stockage de l'énergie captée permet de pallier le déphasage entre la ressource solaire et le besoin en eau chaude sanitaire. Le volume du ballon de stockage solaire doit être compris entre 80 et 120% de la consommation moyenne journalière d'eau chaude sanitaire, pour la période de fonctionnement la plus défavorable de l'année.

Consommation moyenne journalière : 2420 litres d'eau à 60°C

➔ Capacité du ballon solaire : 2000 litres soit 82,64% de la consommation journalière moyenne d'ECS.

2.3.2 Définition de la surface de capteurs solaires

La valeur de pré dimensionnement de la surface de capteurs solaires est déterminée en regard du volume de stockage solaire et de la zone climatique. Dans notre cas, la zone climatique est H2. La surface de capteurs solaires peut être définie sur la base d'un ratio de 1 m² de capteurs solaires pour 55 litres de stockage solaire.

Surface de capteurs solaires : $2000 / 55 = 36 \text{ m}^2$

L'installation comportera **36 m²** de capteurs solaires soit une double rangée horizontale de 9 capteurs solaires (18 capteurs solaires au total).

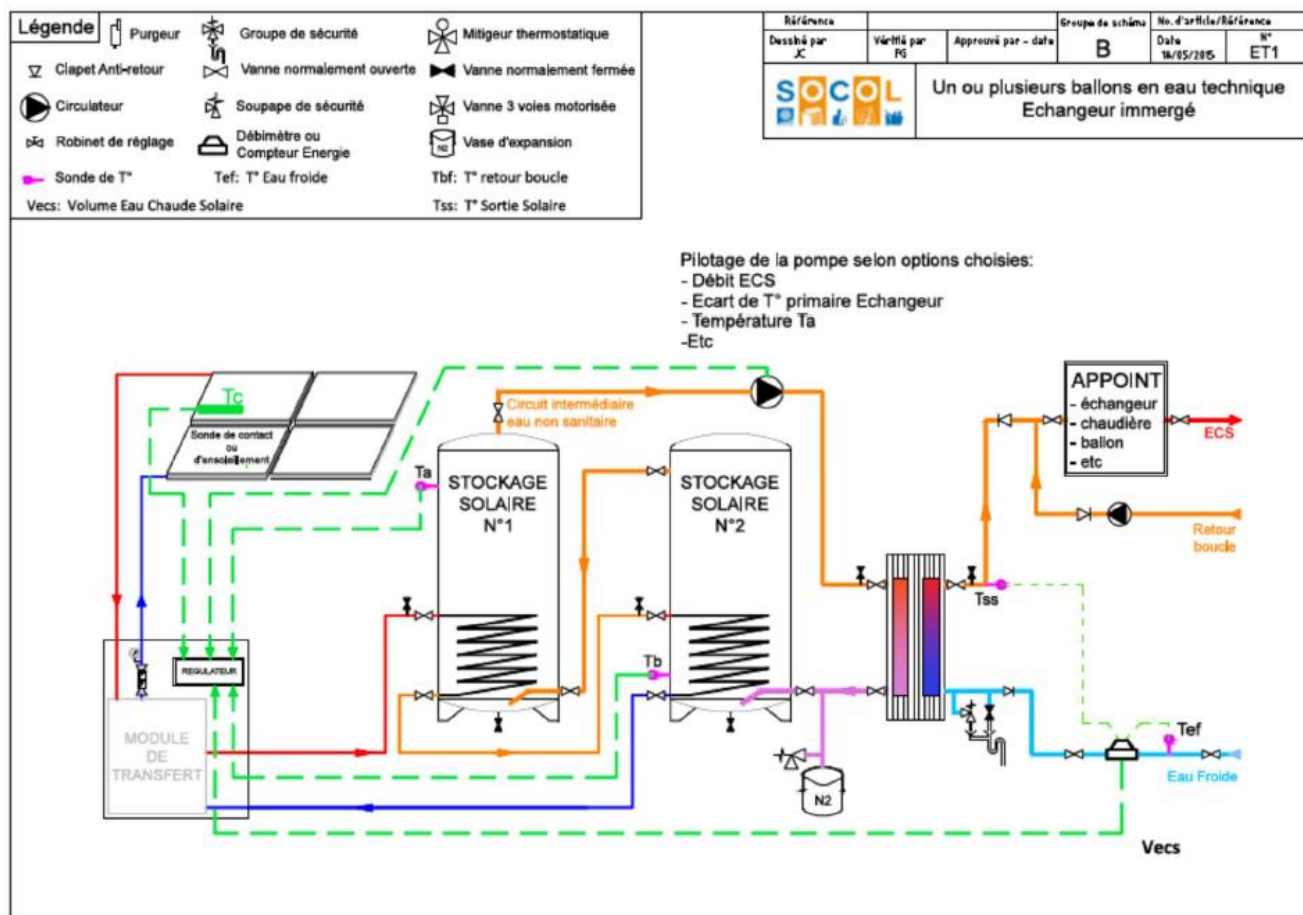
La surface de toiture nécessaire pour installer ces capteurs est de 10.47m de long par 4.20 m de haut.

Ci-dessous les ratios à utiliser selon la zone climatique :

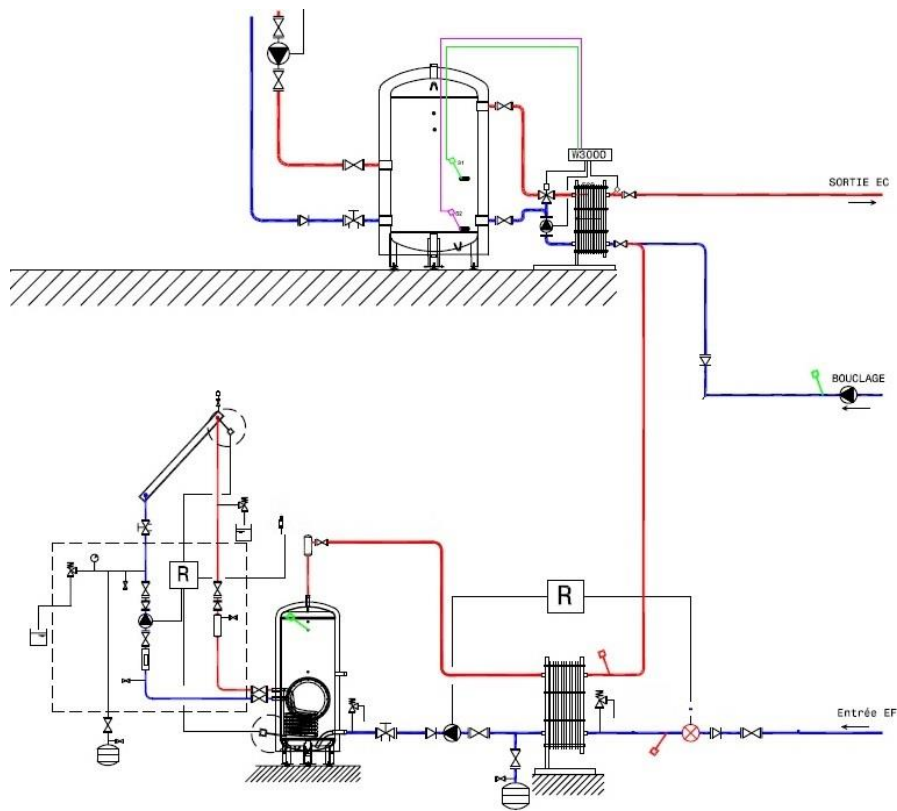
Zone climatique	Volume de stockage solaire / Surface de capteurs (en litre/m ²)
H1	45
H2	55
H3	65
H4	75

2.4 SCHEMA DE PRINCIPE DE L'INSTALLATION SOLAIRE THERMIQUE

Le schéma de principe de l'installation correspondra au schéma Socol ET1 correspondant aux établissements de santé.



Ci-dessous le schéma de principe de l'installation réalisé en phase étude correspondant au schéma SOCOL ET1 avec un seul ballon solaire :



Modification du système de production d'eau chaude avec suppression modification du ballon de stockage ECS qui devient ballon tampon chauffage et mise en place d'un échangeur instantané (amélioration de l'installation par rapport à la légionellose)

Le chauffe-eau solaire collectif est de type « stockage en eau technique » avec un ballon de stockage solaire et un appoint centralisé de type instantané.

L'eau stockée dans le ballon solaire (eau technique) et réchauffée par le circuit solaire est physiquement séparée du circuit de distribution d'eau chaude sanitaire.

Cette séparation est réalisée par un échangeur de type serpentin en partie basse dans le ballon solaire. Ce type d'installation comprend ainsi trois circuits d'eau chaude :

- Le circuit solaire
- Le circuit « d'eau technique » permettant le stockage de l'énergie récupérée de la boucle solaire
- Le circuit d'eau froide qui récupère l'énergie au travers d'un échangeur instantané

2.4.1 Station hydraulique solaire

Il est prévu la fourniture et la pose d'une station hydraulique solaire de marque ATLANTIC type SOLERIO BLOC 2 ou caractéristiques techniques équivalentes. Elle assurera le transfert de l'énergie des capteurs solaires vers l'échangeur du ballon de stockage solaire.

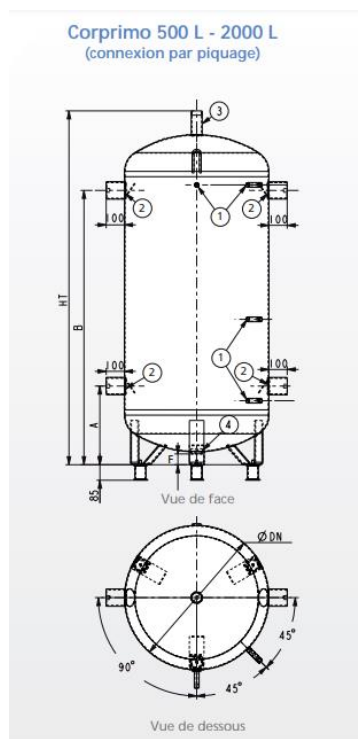
L'échangeur à plaque est de marque CHAROT et d'une puissance de 166kW.

Les risques de surchauffe le jour et de gel la nuit seront gérés par la station hydraulique.

2.4.2 Technologie du ballon solaire

Pour notre projet, le ballon solaire sera de la marque ATLANTIC de CORPRIMO 2000 comprenant :

- Une cuve acier revêtue extérieurement d'une peinture anti rouille: pression de service 4 bar (8 ou 10 bar en option), garantie 5 ans (10 ans en option)
- Une jaquette souple isolante de 100 mm M1 en laine de verre y compris fond,
- 4 piquages avec brise jet avec vanne d'isolement type ¼ de tour,
- Purgeur automatique en partie haute associé à une vanne
- 1 piquage en partie basse + vanne de vidange type ¼ de tour
- 3 Pieds support avec rehausse de 50 mm (évite le socle béton) (Piquage pour thermomètres, 2 anneaux de lavage)
- Caractéristiques dimensionnelles Diamètre x H = 1250/1450 x 2018 mm (avec rehausse) Poids 223 kg à vide



1 Sondes et thermostats

2 Connexions

3 Purge

4 Vidange

2.5 SUIVI ENERGETIQUE

Un suivi énergétique de l'installation est préconisé et permettra :

- De détecter si l'installation est en état de fonctionnement normal
- D'avoir des données objectives sur le bon fonctionnement de l'installation
- De détecter et traiter les dysfonctionnements éventuels de l'installation solaire

Une GTC est préconisée pour le projet permettant un contrôle de l'état de fonctionnement de l'installation solaire et informera les intervenants qui assurent l'entretien et la maintenance des équipements. Il s'agit principalement d'émettre des signalisations ou des alarmes (défauts des circulateurs ou des sondes de température par exemple), d'informer les professionnels pour faciliter leurs tâches, de suivre les interventions et d'enregistrer les historiques.

En complément, la GTC permettra le suivi énergétique de l'installation solaire via l'installation de compteurs d'énergie. Les compteurs d'énergies intégreront :

- Deux sondes températures à placer en doigt de gant
- Un compteur d'eau hydraulique
- Un intégrateur qui récupère les données de chaque élément et les convertit en quantité d'énergie
- Compteur d'énergie de classe 1
- Interface de communication Mbus

Une formation du personnel est également prévue pour assurer le fonctionnement et la maintenance des différentes installations. Cette formation sera à assurer en parallèle par le fabricant du matériel. Une formation est à réaliser par type d'installation. Elle devra faire l'objet d'un support papier permettant la maintenance et l'exploitation de chaque équipement.

2.6 EVALUATION DU TAUX DE COUVERTURE

Le taux de couverture solaire représente la part des besoins en ECS assurée par l'installation solaire thermique. D'une manière générale, il est égal au rapport de l'énergie solaire utile sur le besoin en eau chaude sanitaire.

Mensuellement et notamment en été, il ne doit pas dépasser 85% de manière à prémunir l'installation d'une éventuelle surchauffe et laisser une souplesse d'utilisation, vis-à-vis du puisage. Ce taux de couverture supérieur à 85% ne prend pas en compte le réchauffage du bouclage.

Tendre vers un taux de couverture plus important conduit à une surface de capteurs importante et donc à un surdimensionnement de l'installation. Ce surdimensionnement génère :

- Une faible augmentation de la chaleur solaire pour un surcoût important.
- Des risques de surchauffes impliquant des contraintes techniques néfastes à l'installation.

Données d'entrées :

- Station météo : Dinard, latitude : 48°37
- Température d'eau chaude produite : 60°C
- Volume d'eau chaude produite par jour : 2420 litres
- Schéma production ECS : collectif eau technique
- Type d'installation : échangeur séparé – 1 pompe + 1 pompe
- Pas de prise en compte de réchauffage du bouclage
- Ballon de stockage solaire installé dans la chaufferie
- Ballon solaire 2000 litres
- Capteur solaire thermique suivant caractéristiques suivant § 2.1.3
- Nombre de capteur : 18
- Inclinaison capteur : 30°
- Orientation : Sud (10.1° / Sud)

Ci-après les résultats de l'étude :

SOLO 2018													Distribution incluse		
	Global Horiz (Wh/m2.jour)	Global Capteur (Wh/m2.jour)	Global dispo (Wh/m2.jour)	T° extérieure (°C)	T° env stock (°C)	Temp EF	Volume	Temp ECS	Besoins production (kWh/jour)	Production primaire (kWh/jour)	Production solaire (kWh/jour)	Taux couv solaire(%)	Pertes bouclage (kWh/jour)	Besoins totaux (kWh/jour)	Taux économie énergie (%)
Janvier	874	1235	1147	6,4	18,0	9,2	2420	60	142,8	22,9	23,0	16,1	0,0	142,8	16,1
Fevrier	1638	2199	2098	7,6	18,0	9,8	2420	60	141,1	41,3	40,6	28,8	0,0	141,1	28,8
Mars	2778	3355	3279	8,9	18,0	10,5	2420	60	139,2	63,5	61,8	44,4	0,0	139,2	44,4
Avril	4267	4680	4629	10,1	18,0	11,1	2420	60	137,6	86,0	83,4	60,6	0,0	137,6	60,6
Mai	5094	5164	5129	13,4	18,0	12,7	2420	60	132,9	94,1	91,0	68,5	0,0	132,9	68,5
Juin	5647	5549	5511	16,0	18,0	14,0	2420	60	129,3	98,7	95,3	73,7	0,0	129,3	73,7
Juillet	5594	5574	5536	17,9	18,0	15,0	2420	60	126,6	98,5	95,0	75,1	0,0	126,6	75,1
Aout	4775	5051	5010	18,8	18,0	15,4	2420	60	125,3	91,9	88,5	70,7	0,0	125,3	70,7
Septembre	3461	4039	3968	16,1	18,0	14,1	2420	60	129,1	76,0	73,5	56,9	0,0	129,1	56,9
Octobre	1989	2518	2420	13,4	18,0	12,7	2420	60	132,9	48,7	47,4	35,6	0,0	132,9	35,6
Novembre	1138	1636	1520	9,4	18,0	10,7	2420	60	138,5	30,3	29,9	21,6	0,0	138,5	21,6
Decembre	735	1080	981	6,9	18,0	9,5	2420	60	142,1	19,6	19,8	13,9	0,0	142,1	13,9
Total An	1158,3 Kwh/m2/An	1282,0 Kwh/m2/An	1256,1 Kwh/m2/An	-	-	-	883m3/An	-	49,2 MWh/An	23,5 MWh/An	22,8 MWh/An	-	0,0 MWh/An	49,2 MWh/An	-
Moyenne An	3173 Wh/m2/jour	3512 Wh/m2/jour	3441 Wh/m2/jour	12,1°C	18,0°C	12,1°C	2420l/jour	60°C	135 kWh/jour	64 kWh/jour	63 kWh/jour	46,4%	0 kWh/j	135 kWh/j	46,4%
Productivité Solaire Primaire: 653kWh/m2/An								Productivité Solaire Utile: 634 kWh/m2/An							

calcul realise sur www.tecsol.fr

Analyse des résultats :

Le taux de couverture moyen annuel est de 46.4% avec une production solaire de 22.8 MWh/an.

La productivité solaire utile est de 634 kWh/m²/an.

Le taux de couverture maximum atteint en Juillet est de 75.1%. Le critère de ne pas dépasser 85% de taux de couverture sur le mois avec le plus d'apport solaire est donc respecté.

Le logiciel calcule une consommation annuelle pour produire l'ECS de 49.2 MWh/an. On retrouve le même ordre de grandeur que nous avons calculé et indiqué de 57.1 MWh/an. La différence s'explique du fait que nous avons intégré un rendement de 0.9 que le logiciel ne prend pas en compte.

2.7 CALCUL DES TONNES DE CO2 EVITEES

Nous considérons une consommation annuelle pour produire l'ECS de 57.1 MWh/an dont 100% serait produit par une chaufferie gaz hors installation de capteurs thermiques.

Suivant l'étude ci-dessus, l'installation solaire permet de fournir 22.8 MWh/an.

Tonnes de CO2 évitées = (Créférence gaz* Rréférence gaz) /1000

Avec :

- Créférence = consommation de référence gaz
- Rréférence = ratio lié au combustible de référence en kgCO₂ / tep

Nota : Les émissions de CO2 liées à la combustion du bois sont neutres vis-à-vis de l'effet de serre.

Combustible	kgCO ₂ /tep (PCI)	gCO ₂ /kWh
Fioul domestique	3 150	271
Fioul Lourd	3 276	282
Gaz naturel	2 394	206
Propane	2 688	231
Charbon	3 990	343
Electricité	2 092	180

Tonnes de CO2 évitées / an = (22800 x 206) / 1000 = 4.7 tonnes de CO2 évitées

2.8 ESTIMATION DES COUTS DE L'INSTALLATION SOLAIRE

Le coût total des travaux pour l'achat et la pose de tous les équipements de l'installation solaire est estimé à 66 000 € HT.

	Désignation des travaux	Unit.	Quant.	Prix Unit.HT	TOTAL HT
1	Installation solaire thermique				
	Capteurs solaires	ens	18	1 550,00 €	26 100,00 €
	Liaisons capteurs solaires - ballon solaire	ens	1		13 000,00 €
	Kit production amont ballon	ens	1		6 000,00 €
	Kit production aval ballon	ens	1		9 500,00 €
	Ballon solaire	ens	1		6 500,00 €
	Régulation	ens	1		4 900,00 €
Total 1 HT					66 000,00 €
Total 1 TTC (TVA : 5,5%)					69 630,00 €

3. ETUDE ECONOMIQUE ET FINANCIERE

3.1 COUT DES ENERGIES

Les différents prix des énergies pris pour cette étude sont :

Tarif gaz naturel : 0,2 € /kWh TTC

Tarif électricité : 0,3 € /kWh TTC

Suivant tarifs fournis par le maître d'ouvrage.

3.2 FRAIS DE MAINTENANCE

Les frais de maintenance annuelle de l'installation solaire sont estimés à 900€ TTC.

3.3 SUBVENTIONS

Suivant le document ADEME « Conditions d'éligibilité et de financement : installation solaire thermique pour la production d'eau chaude en métropole », l'aide forfaitaire pour la zone géographique Nord correspond à :

Evolution
juin 2022

A. Aide forfaitaire

Les aides forfaitaires concernent les opérations dédiées dont la surface de capteurs solaires thermiques est supérieure ou égale à 25 m² et inférieure à 500 m².

Pour cette typologie de projet, le montant d'aide est défini par la grille ci-dessous :

Zone Géographique	Aide forfaitaire [€/MWh solaire utile] sur 20 ans
Nord	63

Soit pour notre étude : $63 \times 22.8 \times 20 = 28\,728 \text{ €}$

3.4 SYNTHÈSE ECONOMIQUE

L'analyse financière est réalisée avec les données d'entrées suivantes :

- Consommation annuelle pour produire l'ECS : 57.1 MWh/an
- Production solaire annuelle : 22.8 MWh/an
- Subvention: 28 728 €

L'étude prend en compte une augmentation de l'énergie gaz de 3%/an.

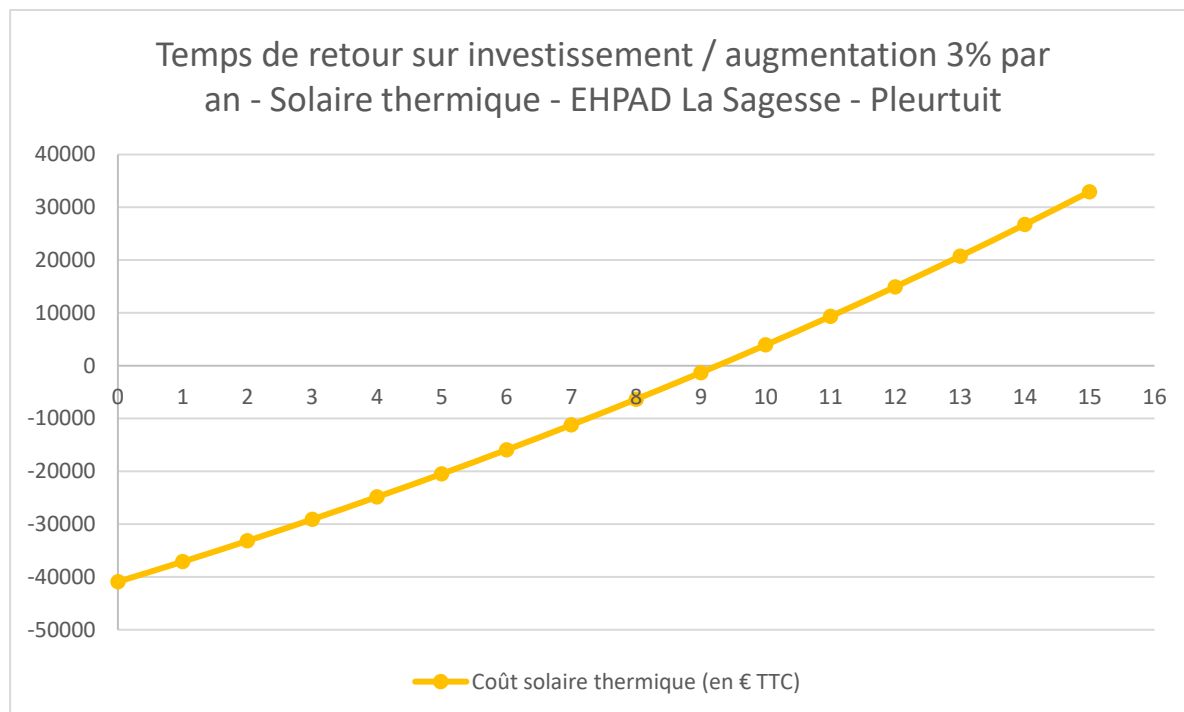
Le cout d'investissement pris en compte pour l'année 0 dans l'étude est :

Cout d'investissement = cout d'achat système solaire – subventions

Cout d'investissement = $69\,630 - 28\,728 = 40\,902 \text{ € TTC}$

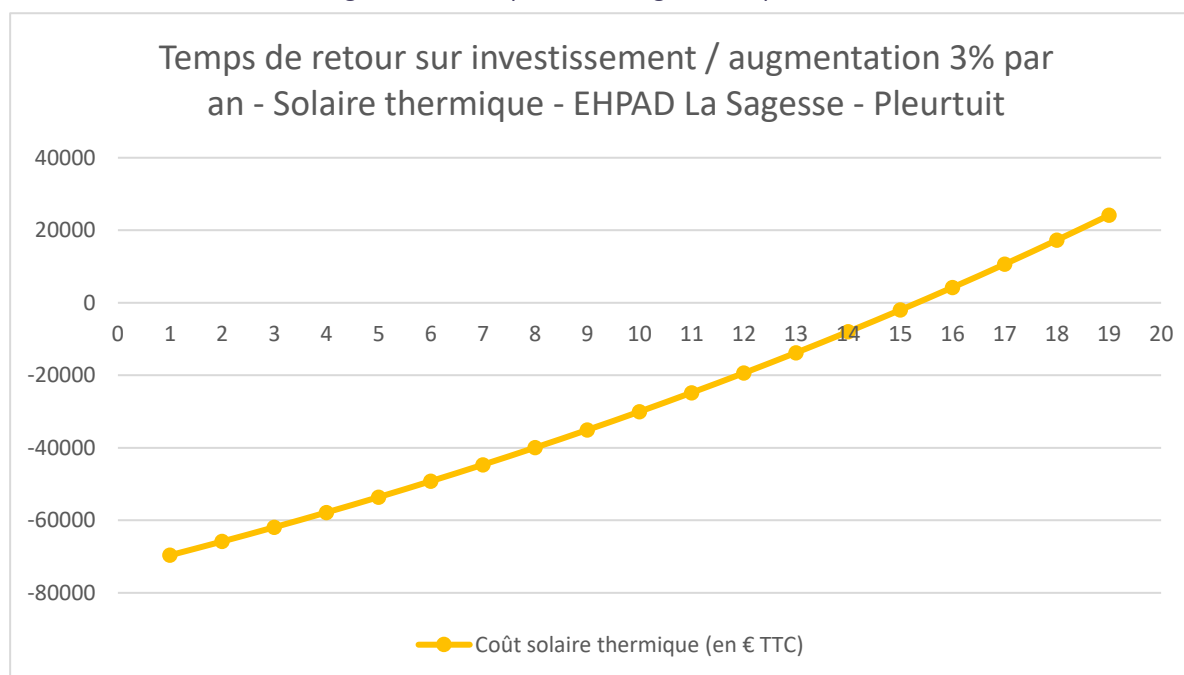
Les graphiques ci-dessous montrent le temps de retour sur investissement de l'installation solaire thermique :

1- Avec Subvention et une augmentation du prix de l'énergie de 3% par an :



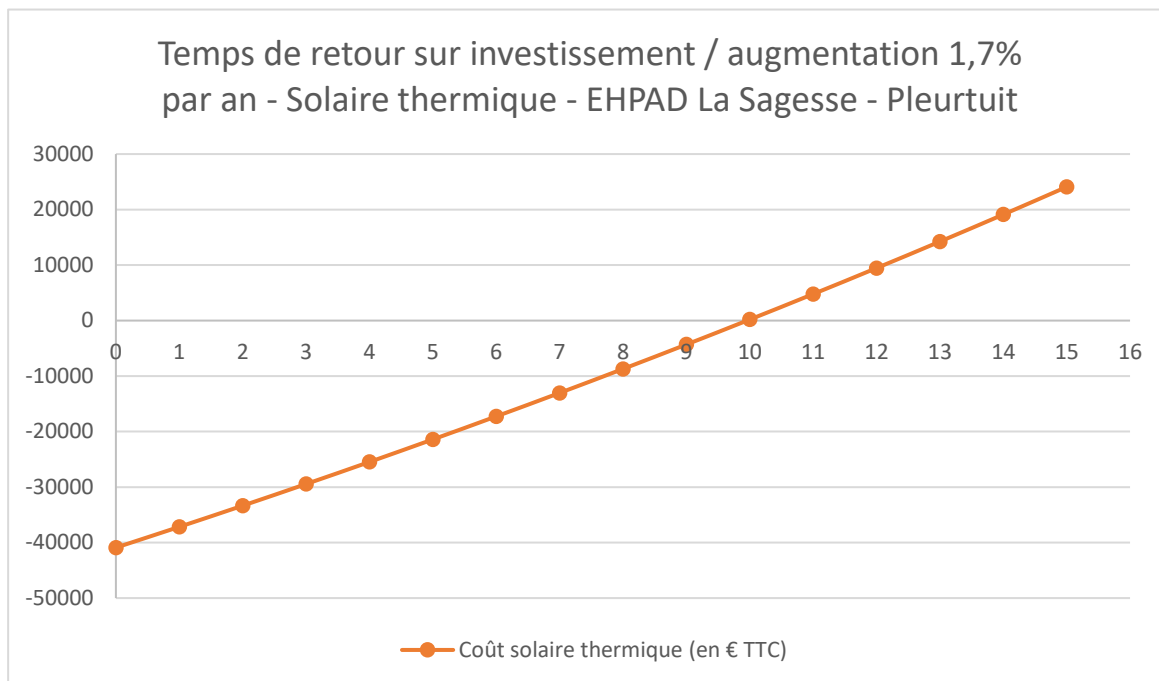
Ce graphe montre que le temps de retour sur investissement en prenant une augmentation de 3% du prix des énergies et une subvention de 28 728€ est de 9 à 10 ans pour un investissement TTC.

2- Sans Subvention et une augmentation du prix de l'énergie de 3% par an :



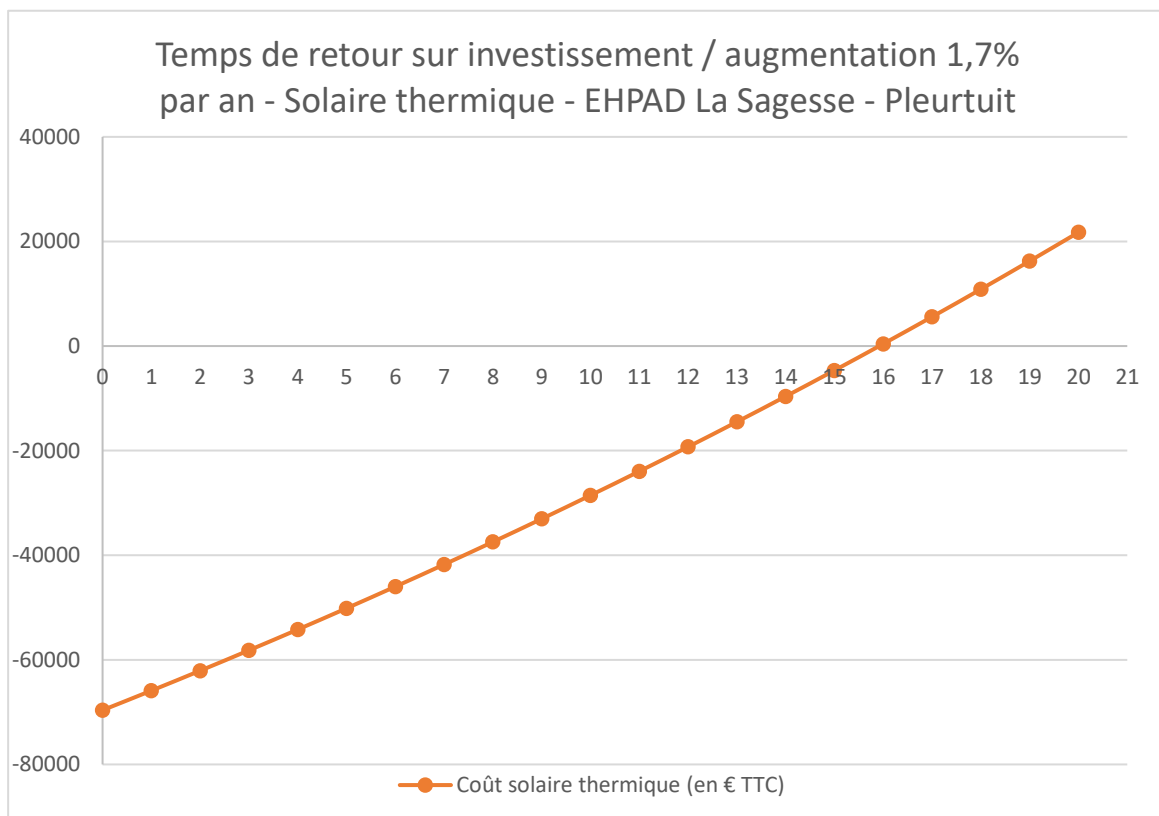
Ce graphe montre que le temps de retour sur investissement en prenant une augmentation de 3% du prix des énergies et sans subvention est de 15 ans pour un investissement TTC.

3- Avec Subvention et une augmentation du prix de l'énergie de 1.7% par an :



Ce graphe montre que le temps de retour sur investissement en prenant une augmentation de 1,7% du prix des énergies et une subvention de 28 728€ est de 10 ans pour un investissement TTC.

4- Sans Subvention et une augmentation du prix de l'énergie de 1.7% par an :



Ce graphe montre que le temps de retour sur investissement en prenant une augmentation de 1,7% du prix des énergies et sans subvention est de 16 ans pour un investissement TTC.

3.5 CONCLUSION

Le temps de retour de l'installation solaire thermique en prenant en compte les subventions est estimé à l'horizon des 9 à 10 ans.

La prise en compte d'une augmentation annuelle de 3% ou de 1.7% (légèrement plus long) du coût de l'énergie gaz induit un gain financier plus important d'année en année fournit par le solaire.

Besoins estimés en eau chaude	l/j/habitant ou l/j/appartement et m3/j	22 l/j/hab et 884m3/j
Besoins en ECS (Qecs) ou besoins de process	MWh/an	57,1
Pertes de bouclage ou de distribution (ODis ou Obcl)	MWh/an	77,1
Qecs	kWh/an	55.7
Opération en industrie : caractéristiques du flux valorisant	T°, pression	60°C, 6 bars
Surface de capteurs prévue	m2	36
Volume de stockage	l	2 000
Production solaire utile prévisionnelle (Qstu)	kWh/an	22 824
Taux de couverture des besoins	%	46,4
Taux d'économie d'énergie : (Fsav% : Qstu/(Qstu+Qapp))	%	39,9
Montant de l'opération	€ TTC	69 630
Economie annuelle	€ TTC	4 560
Quantité de CO2 évité	tonnes/an	4,7

MAITRISE D'OUVRAGE



EHPAD DE MANSIGNE
20 Rue Principale 72 510 MANSIGNE
Tel : 02 43 46 15 69
direction.pontvallain@residences-aune.fr

OPÉRATION

RESTRUCTURATION ET EXTENSION DE L'EHPAD LES GLYCINES A MANSIGNE

20 Rue Principale
72 510 MANSIGNE



ETUDE DE FAISABILITE CHAUFFERIE BOIS

MAITRISE D'OEUVRE



ARCHITECTE MANDATAIRE
ATELIER DES LOGES
14 Rue Dupont des Loges
35000 RENNES
Tel : 02 23 44 09 09
Email : contact@atelierdesloges.fr



**BET STRUCTURE-
FLUIDES**
OTEIS Agence de Rennes
10 Parc de Brocéliande
35760 SAINT-GREGOIRE
Tel : 02 99 23 45 67
Email : rennes@oteis.fr



BET ECONOMISTE
CABINET COLLIN
1A Allée Métis
35200 SAINT-MALO
Tel : 02 99 56 78 33
Email : agence@cabinetcollin.fr



PAYSAGISTE
GUILLAUME SEVIN PAYSAGES
1 Rue de la Préfecture
49100 ANGERS
Tel : 02 41 87 07 14
Email : g.sevin@gspayages.fr



BET ACOUSTIQUE
ACOUSTIBEL
22 Rue de Turgé
35310 CHAVAGNE
Tel : 02 99 64 30 28
Email : rennes@acoustibel.fr



BET DEMOLITION
AD INGE
103 Avenue Henri Fréville
35200 RENNES
Tel : 07 63 79 13 73
Email : h.mercier@ad-inge.fr

INDICE	DATE	OBJET	EMETTEUR	APPROBATEUR
00	27/06/2023	Création du document	Pierre AUMONT Cécile GOUPIL	Pascal AUFFRET Patrick DAVID
01	07/07/2023	Mise à jour suivant remarques ADEME et affinement des études	Pierre AUMONT Cécile GOUPIL	Pascal AUFFRET Patrick DAVID
02	18/07/2023	Mise à jour	Pierre AUMONT Cécile GOUPIL	Pascal AUFFRET Patrick DAVID

TABLE DES MATIÈRES

1.	PREAMBULE ET CONTEXTE	5
2.	OBJECTIFS DE L'ETUDE	5
3.	ETUDE DES BESOINS	6
3.1	Présentation du site	6
3.2	Localisation des bâtiments	6
3.3	Visite du site et étude thermique	9
3.3.1	Situation actuelle	9
3.3.2	Situation envisagée	11
4.	PLAN D'APPROVISIONNEMENT	18
4.1	Caractéristiques des gisements retenus	18
4.1.1	Bois pellet	18
4.1.2	Bois plaquettes	18
4.2	Prospection et caractérisation de ces gisements	19
4.2.1	Livraison	19
4.2.2	Liste des fournisseurs	20
5.	CHOIX DES EQUIPEMENTS	23
5.1	Solution chaufferie gaz	23
5.2	Solution chaufferie bois pellet	23
5.2.1	Site d'implantation de la chaufferie	23
5.2.2	Technologie des chaudières bois et des silos de stockage	24
5.3	Solution chaufferie bois déchiqueté / gaz	34
5.3.1	Site d'implantation de la chaufferie	34
5.3.2	Technologie de la chaudière bois plaquette et du silo de stockage	35
5.3.3	Choix de la technologie de chaudière gaz envisagée	42
5.4	Fournisseurs – références	47
5.4.1	Fournisseurs chaudières bois pellet	47
5.4.2	Fournisseurs chaudières bois plaquettes	47
5.5	Voiries, réseaux, desserte	47
5.5.1	Solution bois pellet	47
5.5.2	Solution bois plaquettes	47
5.6	Réalisation	50
5.6.1	Planification des travaux	50
5.6.2	Solution bois pellet	50
5.6.3	Solution bois plaquettes	50
6.	ETUDE ECONOMIQUE ET FINANCIERE	51
6.1	Recapitulation des investissements	51
6.2	Exploitation prévisionnelle de la chaufferie	52
6.2.1	Déterminer les consommations (P1)	52
6.2.2	Estimation des frais de conduite et petits entretiens (P2)	53
6.2.3	Estimation des frais de gros entretiens et réparation (P3)	54

6.2.4	Tableaux récapitulatifs (P1+P2+P3)	54
6.3	Aspects économiques.....	55
6.3.1	Détermination du coût global de la chaleur	55
6.3.2	Temps de retour sur investissement	55
6.4	Plan de financement propose.....	57
6.4.1	Informations concernant les subventions	57
6.5	Synthèse économique	58
6.5.1	Coûts cumulés sur 20 ans	58
7.	EVALUATION DES IMPACTS	59
7.1	Performance environnementale – Impact carbone.....	59
7.2	Aspects environnementaux.....	60
7.3	Conclusion	61
ANNEXES		62

1. PREAMBULE ET CONTEXTE

A l'occasion de l'extension et de la restructuration de l'EHPAD, l'étude de faisabilité est réalisée en vue d'apporter des éléments de réflexion et d'aide à la décision pour le choix d'approvisionnement en énergie et solution pour assurer le chauffage et l'ECS du bâtiment.

Les solutions étudiées seront :

- Chaufferie gaz
- Chaufferie bois pellet
- Chaufferie bois plaquettes /gaz

2. OBJECTIFS DE L'ETUDE

Cette étude comprendra les volets suivants :

- Volet technique : faisabilité, pertinence, priorités techniques
- Volet financier : montant des travaux, économies générées, temps de retour
- Volet environnemental : gain environnemental généré, impacts et retombées

3. ETUDE DES BESOINS

3.1 PRESENTATION DU SITE

Le bâtiment se situe sur la commune de Mansigné.

- Département : 72
- Zone hiver : H2a
- Zone été : Eb
- Température extérieure de base : -7°C
- Usage au sens de la RT 2012 : Etablissement sanitaire avec hébergement, restauration 2 repas par jour, industrie 8h-18h

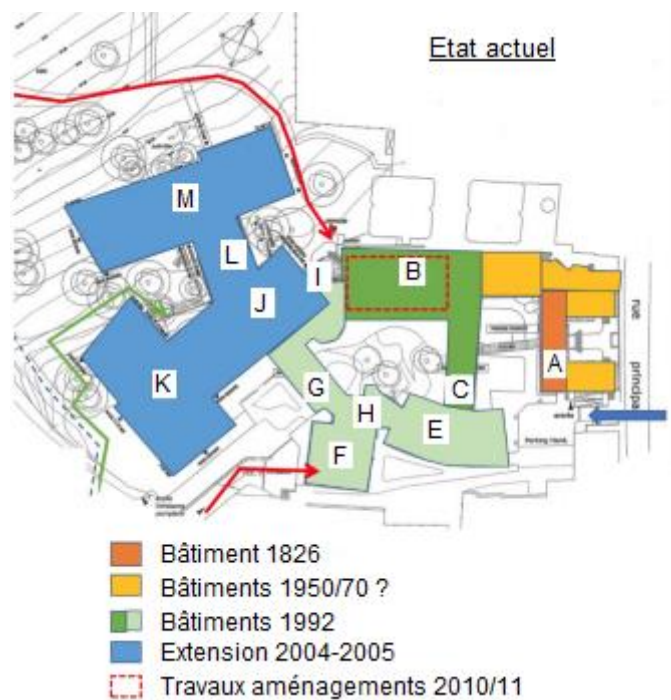
Sur la base du plan masse ci-dessous, le périmètre d'étude concerne les bâtiments restructurés et neufs de l'EHPAD.



3.2 LOCALISATION DES BATIMENTS

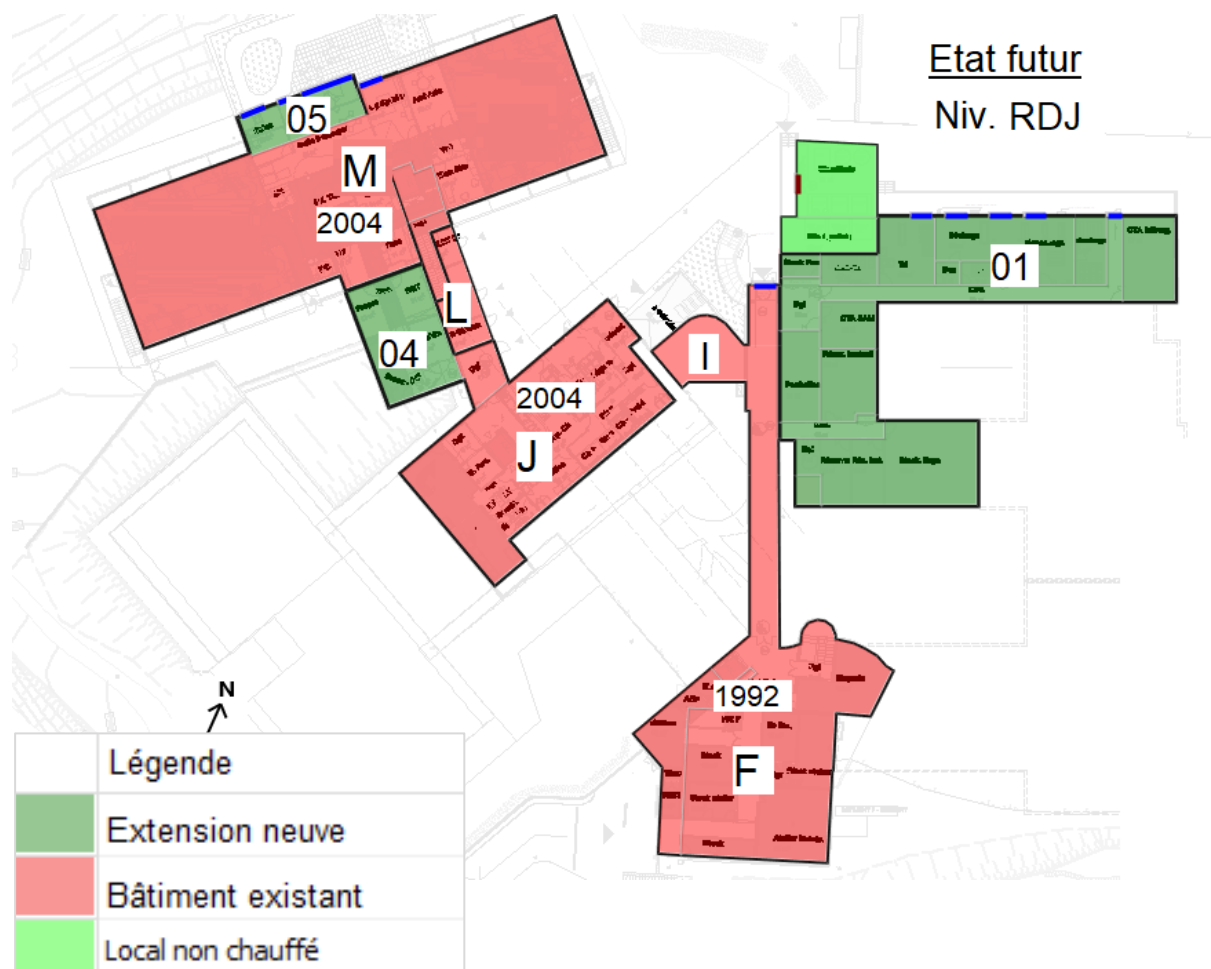
Ci-après les différents bâtiments qui seront alimentés par la nouvelle chaufferie, avec indication de leur année de construction :

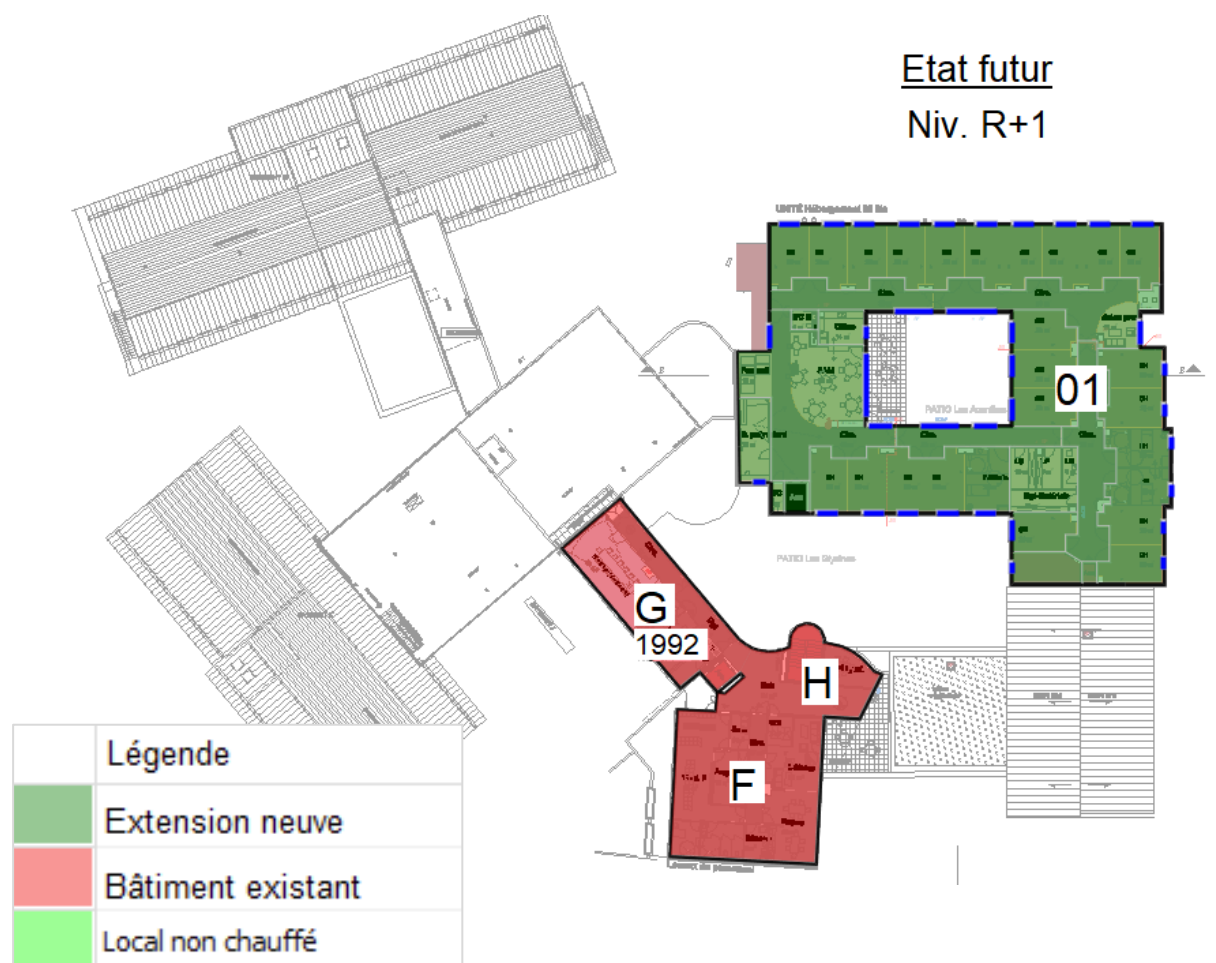
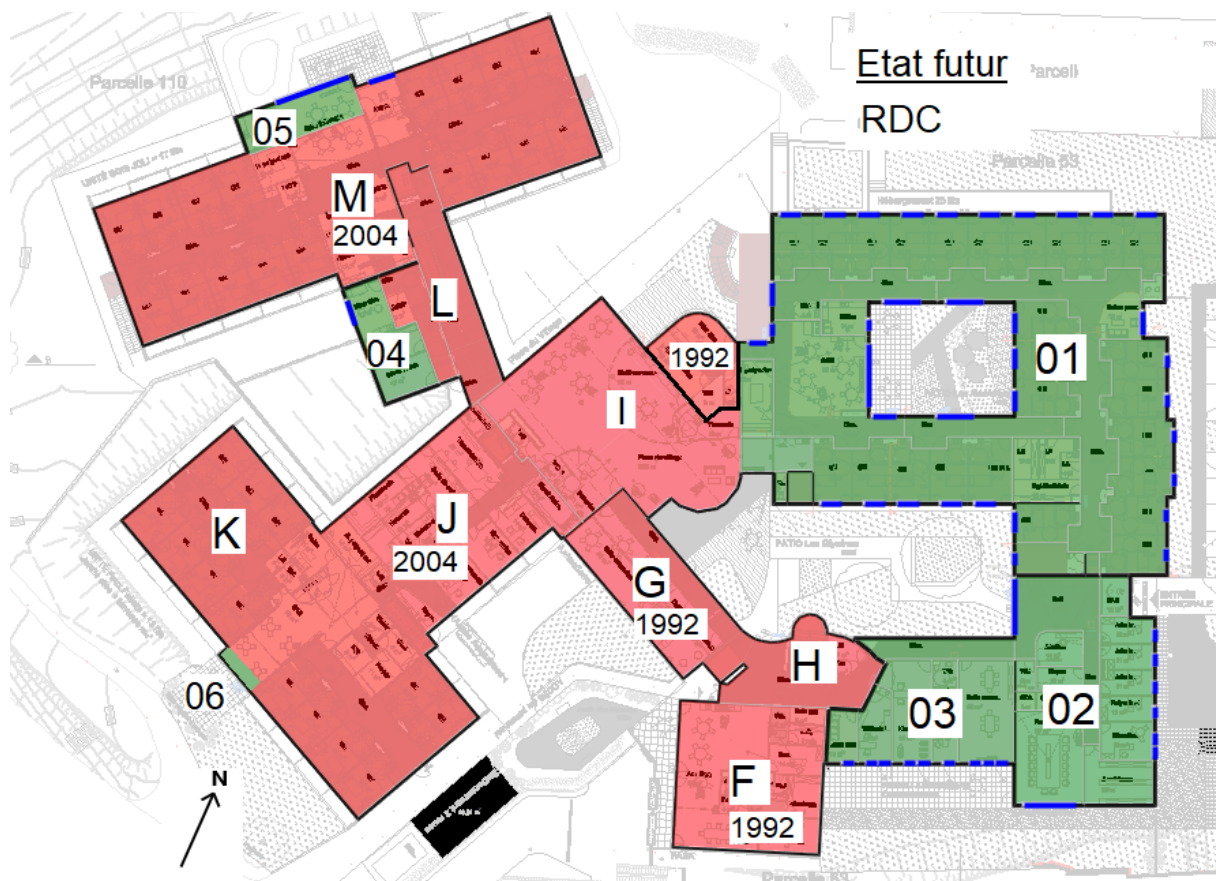
- Bâtiments existants en rouge,
- Bâtiments neufs et extensions en vert.



Ci-après les différents bâtiments qui seront alimentés par la nouvelle chaufferie, avec indication de leur année de construction :

- Bâtiments existants en rouge,
- Bâtiments neufs et extensions en vert.





3.3 VISITE DU SITE ET ETUDE THERMIQUE

3.3.1 Situation actuelle

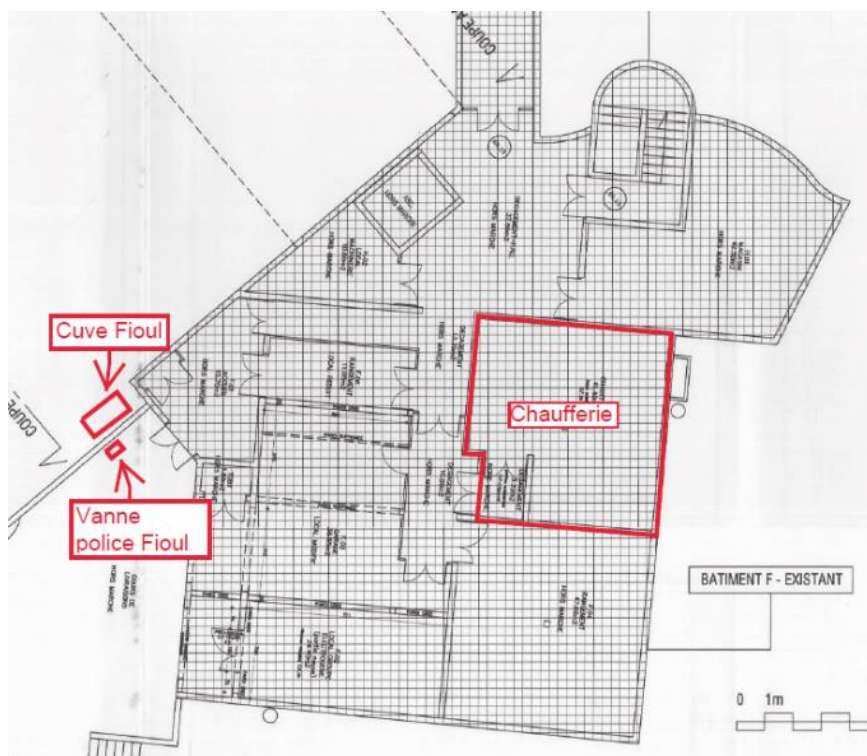
3.3.1.1 Surface

Le tableau ci-après indique les Surfaces de Plancher du projet. Par soucis de simplification, la SRT est assimilée à la surface de plancher.

	<i>Avant travaux</i>	
	Surface de plancher (m ²)	Ratio de surface
Bat existant conservé	4140	67%
Bat détruit	2058	33%
Surface totale	6198	100%

3.3.1.2 Chaufferie

Le chauffage de l'EHPAD est assuré par une chaufferie fonctionnant au fioul, située au niveau 1 des bâtiments de 1992, dans le bâtiment F. La chaufferie est alimentée en fioul depuis une cuve enterrée en façade sud du bâtiment G, dans le patio au niveau 0.



3.3.1.3 Production de chaleur

La production de chaleur est constituée de 2 chaudières de marque VIESSMAN :

- Une chaudière modèle PAROMAT U, type PU-033, année 1991, de puissance 330 / 380 kW,
- Une chaudière modèle VITOPLEX 100, type SX1, année 2003, de puissance 720 / 790 kW,

Ces chaudières sont équipées de brûleurs de marque WEISHAUP 2 allures. Elles seront déposées.

La chaufferie est alimentée en fioul depuis une cuve enterrée en façade sud du bâtiment G, dans le patio au niveau 0. Le rendement des chaudières au fioul est de 91,2% à puissance nominale et de 95,6% à puissance intermédiaire.

Une vanne de barrage fioul est installée en extérieur sous coffret à verre dormant. Cette vanne permet la coupure de l'alimentation du fioul.

3.3.1.4 Production d'eau chaude sanitaire

La production d'eau chaude sanitaire de l'ensemble de l'établissement est réalisée dans un local contigu à la chaufferie. Elle est de type semi-instantané avec un échangeur à plaques et un ballon de stockage ECS de marque CETETHERM modèle VOLUTHERM d'une capacité de 500 litres. L'échangeur à plaque est de marque CETETHERM, modèle URANUS, d'une puissance de 170 kW. L'arrivée eau froide alimentant la production ECS est en diamètre 50/52. Deux circuits de distribution ECS sont réalisés :

- Un circuit alimentant les bâtiments existants lors de la construction de l'extension de 2005,
- Un circuit en diamètre 50/52 alimentant les bâtiments extension J-K-L-M. Seul le circuit de distribution ECS alimentant les bâtiments J-K-L-M est bouclé par une pompe simple de recyclage.

Il est prévu de déposer cette production lors des travaux de réhabilitation et extension de l'EHPAD.



3.3.1.5 Emetteurs existants

Les émetteurs de chaleur des bâtiments A-B-C sont de type radiateur panneau fonte ou acier avec des robinets thermostatiques ou des robinets simple réglage. Ces équipements sont globalement vétustes, ils seront remplacés par des radiateurs acier et robinet thermostatique.

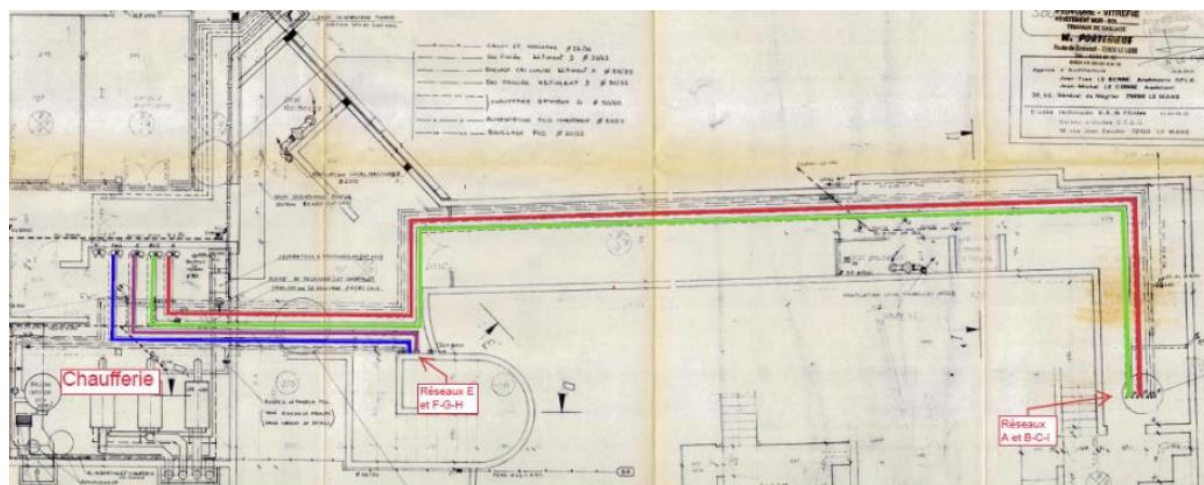
Les émetteurs de chaleur des bâtiments E-F-G-H sont de type radiateur acier avec des robinets thermostatiques ou des robinets simple réglage. Ils seront remplacés par des radiateurs acier et robinet thermostatique.

Les émetteurs de chaleur des bâtiments J-K-L-M sont de type radiateur acier avec des robinets thermostatiques ou des robinets simple réglage. Ces radiateurs dans les chambres sont verticaux sans ailettes. Ils sont équipés de robinet thermostatiques. Dans les autres locaux, les radiateurs sont horizontaux sans ailettes. En complément, dans les salles de bain des chambres sont équipées de radiateur sèche serviette à eau chaude. Ces équipements en bon état seront conservés.

3.3.1.6 Réseaux de distribution

Le réseau de distribution de chauffage est de type bitube et tube acier noir. Les réseaux sont calorifugés dans la galerie et la chaufferie.

D'une manière générale les réseaux de chauffage sont en bon état apparents, nous n'avons pas décelé de fuites ou de trace important de rouille.



Plan 5 – Réseaux au départ de la chaufferie

3.3.1.7 Consommations énergétiques constatées

Les consommations sont calculées à partir des relevés de consommation 2015-2021 (cf. fichier Excel « Mansigné – suivi énergétique » reçu par mail de Mme Guillard le 26/07/2022), et sont ramenées à la surface du bâtiment. Ci-après les valeurs relevées sur l'installation existante, équipée de chaudières fioul :

Surf=6198m ²	Fioul Chauffage	Fioul ECS	Elec	Total
Consommation totale (MWh/an)	830.6	141.3	339.0	1310.9
Ratio de consommation (kWh/m ² .an)	134	22.8	54.7	211.50

3.3.2 Situation envisagée

3.3.2.1 Surfaces

Le tableau ci-après précise les Surfaces de Plancher des bâtiments conservés et des bâtiments neufs (extensions). Par soucis de simplification, la SRT est assimilée à la surface de plancher.

	<i>Après travaux</i>	
	Surface de plancher (m ²)	Ratio de surf
Bat existant conservé	4140	55%
Bat neuf	3415	45%
Surface totale	7555	100%

3.3.2.2 Solutions envisagées

Les solutions suivantes sont comparées pour remplacer l'installation existante, elles sont destinées à la production de chaleur pour alimenter l'ensemble du site (bâtiments existants et bâtiments neufs)

- Solution de référence
 - Production chauffage : Chaudières gaz,
 - Production ECS : préparateur ECS instantané depuis chaudières gaz
- Variante n°1
 - Production chauffage : Chaudières bois pellet,
 - Production ECS : préparateur ECS instantané depuis chaudière bois
- Variante n°2
 - Chauffage/ECS assuré par une chaudière bois plaquettes et une chaudière gaz propane. La chaudière bois est prévue pour assurer le chauffage et l'ECS pendant la saison de chauffe. La chaudière gaz assure l'appoint en période de chauffe, ainsi que la production ECS en période estivale. La chaudière gaz assure également le secours.

3.3.2.3 Températures de consigne

Les températures désirées dans les différentes pièces sont les suivantes :

- Chambres / salles de bains : 23°C,
- Lieux de vie, salons, salle d'animation, salles à manger : 23°C,
- Locaux de soins : 21°C,
- Bureaux, salles de réunion : 19°C,
- Salle à manger du personnel : 19°C,
- Vestiaires du personnel : 20°C,
- Halls, Circulations résidents : 23°C
- Circulations, sanitaires personnels : 19°C,
- Rangement, Ménage, Locaux logistiques : 16 °C,
- Locaux de la cuisine (cuisine non rafraichis) : 18°C,
- Locaux de travail de la lingerie : 18°C,
- Locaux poubelles, Locaux techniques : NC

3.3.2.4 Caractéristiques thermiques des bâtiments neufs

Les caractéristiques des parois et menuiseries des extensions sont données ci-après :

Libellé paroi	Résistance th. (m².K/W)	Matériau (exemple de produit)	Coeff U (m².K/W)
Soubassement de mur	2.15	10+65 mm de polystyrène extrudé	
Mur béton + isolation extérieure + enduit	4.40	160 mm de laine de roche TF 36	0.23
Prémur isolé	5.00	160 mm de Knauf Xtherm Ultra 32	0.19
Mur béton + isolation extérieure + zinc	5.00	160 mm de Isofaçade 32R (A voir)	0.26
Mur béton + isol. intérieure	5.00	160 mm de laine minérale Th32	0.19
Mur à ossature bois isolé	1.5 + 4.50 +1.40	60 mm laine de roche Th38 (côté ext) 145 mm laine de verre Th32 + 45 mm laine minérale Th32 (côté int)	0.17
Mur béton enterré à isolation extérieure	3.70	128 mm de Perimaxx Th 32	0.25
Mur sur local non chauffé	3.15	100 mm de laine minérale Th32	0.29
Mur sur local poubelle	2	Paroi frigo	
Paroi sur gaine AF/EF	1.5	45 mm de laine minérale Th30	0.65
Mur béton + isol intérieure (Extension 6)	1.9	60 mm d'isolant Th 32	0.46
Plancher bas isolé surTP	3.65	140 mm de polystyrène Th38 sous dalle	0.25
Plancher bas isolé VS	4.85	180 mm de Fibraroc A2 35 sous dalle	0.19
Plancher bas sur zone à occup. discontinue	2.55	Isolant adapté à local à forte hygrométrie	0.35
Plancher bas sur LNC	3.00	115 mm de Fibraroc A2 35 sous dalle	0.30

Libellé paroi	Résistance th. (m ² .K/W)	Matériau (exemple de produit)	Coeff U (m ² .K/W)
Toit Zinc	6.10 +2.25	200 mm laine minérale Th32 + 80 mm laine minérale Th35	0.15
Toiture bétonétanchée	7.80	180 mm polyuréthane Th23	0.12
Couverture cuivre	6.10 +2.25	200 mm laine minérale Th32 + 80 mm laine minérale Th35	0.15
Toit chaufferie	2.15	50 mm polyuréthane Th 23	0.41
Toiture béton dallessur plots Admin	5.20	120 mm polyuréthane Th 23	0.18
Menuiseries			1.50

3.3.2.5 Caractéristiques thermiques des bâtiments existants conservés

En ce qui concerne les bâtiments existants, il n'est pas prévu de refaire les doublages, ni de remplacer les menuiseries. Seuls des travaux de réaménagement par cloisonnement intérieur sont prévus. Les bâtiments existants sont isolés selon les règles de leur année de construction (localisation suivant plans au paragraphe 2.1) :

- Bat. I, J, K, L, M de 2004
- Bat. F, G, H de 1992

Ci-après les caractéristiques des parois et menuiseries des bâtiments de 2004, issues du dossier de l'époque.

Code	Libellé	Coef. U
LIA1	Liaison plancher intermédiaire	0,99
LIA2	Liaison plancher haut	0,84
MUR1	Mur extérieur béton (16cm)	0,41
PLB1	Plancher bas sur terre-plein	1,40
TOI1	Terrasse dalle béton	0,30
TOI2	Toiture couvertine cuivre	0,19
VIT1	Men. PVC dble vitrage (toile)	2,15
VIT2	Men. PVC dble vitrage (brise-soleil)	2,15
VIT3	Men. Alu. Dble vit. RPT (toile)	2,90
VIT4	Men. Alu. Dble vit. RPT (brise-soleil)	2,90
VIT5	Men. Alu. Dble vit. RPT	2,90

Une isolation récente, de type laine de verre soufflée, a été observée dans les combles des bâtiments F et G.

3.3.2.6 Consommations énergétiques prévisionnelles

Les consommations sont calculées pour chacune des solutions étudiées, elles tiennent compte du rendement des chaudières. La surface de référence est 7555 m².

Seules les consommations électriques spécifiques à chaque solution sont prises en compte (transfert pneumatique bois pellet / vis de transfert de combustible bois)

Solution de référence : chauffage/ECS assurés par des chaudières gaz à condensation

Solution de réf	Gaz(PCS) Chauffage	Gaz(PCS) ECS	Elec	Total
Consommation (kWh/an)	756 593	154 732	/	911 326
Ratio de conso (kWh/m².an)	100,14	20,48	/	120,63

Variante 1 : chauffage/ECS assurés par des chaudières bois pellet

Nota : Les chaudières bois compatibles avec la taille de l'installation, ne permettent pas de faire de la récupération de chaleur sur la condensation des fumées.

Var. n°1	Bois pellet (PCI) Chauffage	Bois Pellet (PCI) ECS	Elec	Total
Consommation (kWh/an)	764 236	165 837	18 000	948 073
Ratio de conso (kWh/m².an)	101,16	21,95	2,38	125,49

Variante 2 : chauffage/ECS assuré par des chaudière bois plaquettes et une chaudière gaz propane

Var. n°2	Gaz(PCS) Chauffage	Bois plaquettes(PCI) Chauffage	Gaz(PCS) ECS	Bois plaquettes(PCI) ECS	Elec	Total
Consommation (kWh/an)	72 149	699 899	50 433	101 805	30 000	954 287
Ratio de conso (kWh/m².an)	9,55	92,64	6,68	13,48	3,97	126,31

3.3.2.7 Bilan de puissance

Le bilan de puissance (en W), suivant le calcul des déperditions (sans surpuissance), est présenté ci-après.

Chauffage :

	Conduction	Ventilation SF	Infiltrations	Ventilation DF batteries ch.	Total
Bat. Existant (4140m ²)	158 000	87 500	9 500	69 000	324 000
Bat. Neuf (3415 m ²)	48 000	32 500	6 500	10 500	97 500
Total	206 000	120 000	16 000	79 500	421 500

ECS :

	ECS
Bat. Existant (4140m ²)	56 000
Bat. Neuf (3415 m ²)	53 000
Total	109 000

La puissance de chaufferie à installer est déterminée en tenant compte qu'une priorité sera donnée à la production ECS. Cela permet de retenir une puissance de chaufferie autour de 421 kW correspondant aux besoins de chauffage, au lieu de cumuler les besoins chauffage + ECS (soit 530,5 kW).

L'étude de la monotone permet d'affiner ce dimensionnement.

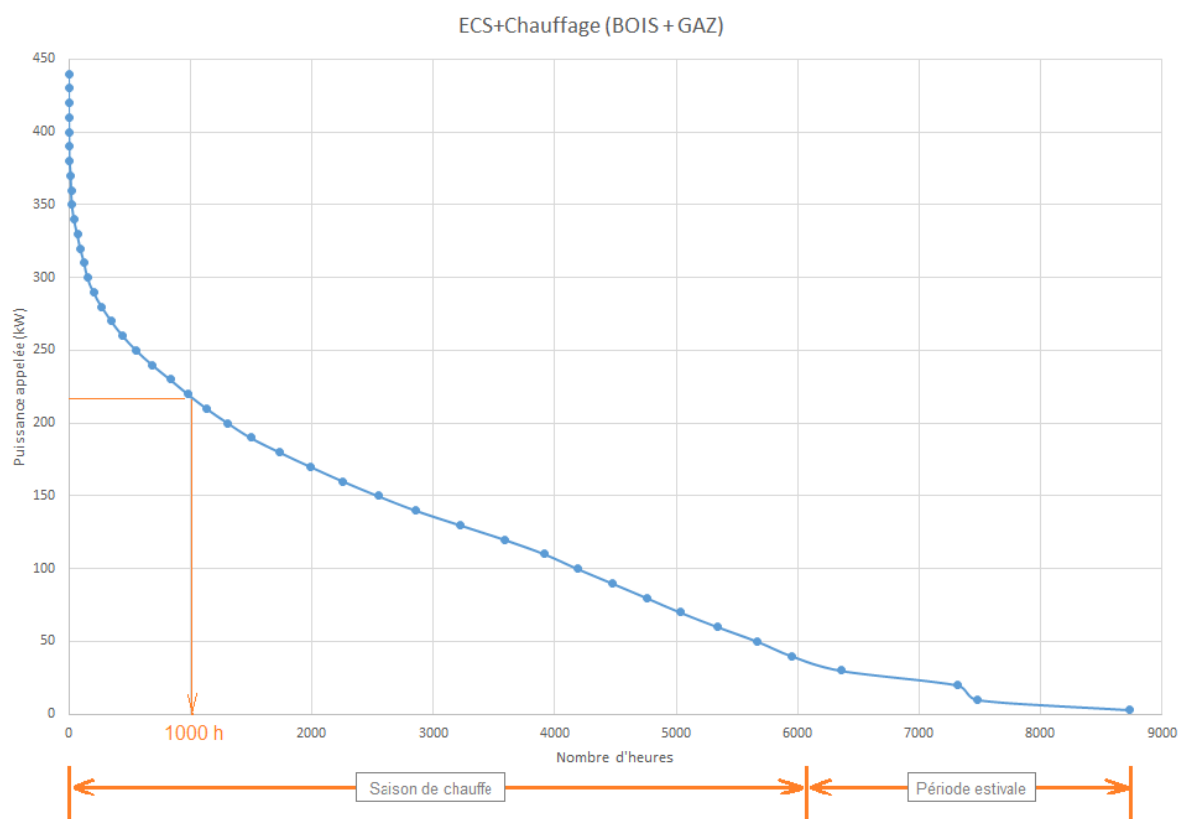
3.3.2.8 Monotone de chaleur

La monotone de chaleur prend en compte les éléments suivants :

- La rigueur climatique
- Les puissances nécessaires pour le chauffage et la production + bouclage ECS

Elle donne le nombre d'heures où le besoin en chaleur correspond à la puissance définie en ordonnée.

Ci-dessous la monotone de chaleur du projet issue du calcul de la Simulation Energétique Dynamique, réalisée sur l'ensemble des bâtiments (existants conservés et neufs) :



La monotone de chaleur montre le nombre d'heures au cours desquelles la puissance appelée est supérieure à une valeur donnée. Sur le site de l'EHPAD, on constate que la puissance maximum appelée est d'environ 440 kW. Durant la période estivale, la consommation de chaleur correspond aux besoins de production d'ECS et réchauffage du bouclage.

Cette courbe est utile pour dimensionner les installations de chauffage, elle permet de sélectionner le meilleur compromis entre une puissance thermique plus ou moins importante et le nombre d'heures de fonctionnement auquel cette puissance pourra fonctionner.

En tenant compte du bilan de puissance et de la monotone, la puissance des chaudières, est donnée ci-dessous :

- Solution de référence : 2 chaudières gaz de puissance unitaire 220 kW
- Variante n°1 : : 2 chaudières bois pellet de puissance unitaire 220 kW.
- Variante n°2 : 1 chaudière bois plaquettes 220 kW+ 1 chaudière propane 225 kW

Pour la solution mixte chaudière bois plaquettes / gaz, on voit qu'avec une chaudière bois de 220 kW, le recours à la chaudière gaz en appoint sur la saison de chauffe intervient sur une durée d'environ 1000 heures, au cours desquelles la puissance appelée est supérieure à la puissance de la chaudière bois. La chaudière gaz assure

également le chauffage et le bouclage de l'eau chaude sanitaire sur la période estivale. Sur cette même période, la chaudière bois plaquettes est à l'arrêt.

3.3.2.9 Synthèse des consommations annuelles

En additionnant les consommations de chauffage et d'ECS, nous obtenons les résultats suivants pour les consommations en bois des bâtiments, pour le chauffage et l'ECS:

- 930.1 MWh/an pour la Variante n°1 bois pellet
- 801.7 MWh/an pour la variante n°2 bois plaquettes.

Ci-dessous le tableau de synthèse des consommations en fonction des solutions étudiées avec :

Solutions	Conso gaz Chauffage MWh/an	Conso gaz ECS MWh/an	Conso bois pellet Chauffage MWh/an	Conso Bois pellet ECS MWh/an	Conso plaquettes Chauffage MWh/an	Conso plaquettes ECS MWh/an	Conso Elec MWh/an
Solution de référence	756,6	154,7	/	/	/	/	0
	911,3						
variante n°1	/	/	764,2	165,8	/	/	18
			930,1				
variante n°2	72,1	50,4	/	/	699,9	101,8	30
	122,6				801,7		

4. PLAN D'APPROVISIONNEMENT

4.1 CARACTERISTIQUES DES GISEMENTS RETENUS

4.1.1 Bois pellet

Le pellet vient à 100% de bois vierge issu de forêts françaises et possède les caractéristiques suivantes :

- combustible normé
- on considère un taux d'humidité entre 8 et 10%
- on considère donc un PCI compris entre 4800 et 4600 MWh/t (selon le taux d'humidité)
- volume massique : +/- 1,54 m³/t

Les besoins pour le chauffage et l'ECS avec cette solution sont de 930,1 MWh/an.

Le bois pellet a une masse volumique de 650 kg/m³. On considère un rendement PCI à 8% d'humidité de 4.8 MWh/t.

Cela signifie qu'on aura des besoins de 194 tonnes de pellet par an soit 298 m³.

La camion souffleur pouvant livrer jusqu'à 10 tonnes par livraison, il faudra prévoir environ 20 livraisons par an, plus concentrées sur la période de chauffe.

4.1.2 Bois plaquettes

Le bois plaquette sera de la plaquette bocagère et forestière d'origine agricole (référentiel ADEME – FCBA : 2008–PF-1B).

Ce produit aura les caractéristiques suivantes :

- on considère un taux d'humidité entre 20 et 30% (maximum pour les "petites chaudières")
- on considère donc un PCI compris entre 3600 et 3300 MWh/t (selon le taux d'humidité)
- volume massique : +/- 3,75 m³/t

Les besoins pour le chauffage et l'ECS avec cette solution sont de 801,7 MWh.

Le bois plaquettes a une masse volumique de 266,7 kg/m³.

En considérant un PCI à 25% d'humidité de 3.6 MWh/t, cela signifie que l'on a des besoins de 223 tonnes de bois plaquettes par an soit 835 m³.

La camion souffleur pouvant livrer jusqu'à 25 m³ par livraison, il faudra prévoir environ 33 livraisons par an, plus concentrées sur la période de chauffe.

Des exemples de caractéristiques de bois de plusieurs fournisseurs (pellet / bois plaquettes) sont donnés en annexe.

4.2 PROSPECTION ET CARACTERISATION DE CES GISEMENTS

4.2.1 Livraison

La livraison du bois pellet est effectuée par un camion souffleur comme sur l'image ci-dessous :



Le camion est d'un volume de 15.4 m³ et d'une longueur de 7m55.

Le camion est également équipé d'un tube de soufflage de 50m.

Le bois plaquettes est lui livré par un caisson souffleur comme sur l'image ci-dessous :

Caractéristiques du caisson :

- Caisson type ampliroll
- Capacité : 30 m³ soit 7 tonnes
- Moteur thermique autonome
- 20 m de tuyau
- Récupération des poussières



4.2.2 Liste des fournisseurs

4.2.2.1 Liste des fournisseurs/distributeurs granulés bois en vrac en Sarthe (liste non exhaustive)

Structure	Adresse	CP	Commune	Téléphone	Mail/Site internet	Camion	Normes	Fabricant
Jean HOUDAYER	ZA du Gué	72220	TELOCHE	02 43 42 88 88	jeanhoudayersa@wanadoo.fr	caissons	NF DIN +	Archimbaud 79
Négoce MAUDET	2 rue du Champ Soreau	72170	BEAUMONT S/SARTHE	09 74 56 69 17	https://www.maudet72.com/Vente-de-GRANULES+BOIS-9-81.html		DIN +	St Germain près Herment 63 (à confirmer)
C aux poêles	La Mare Bigot	72170	PIACE	02 43 97 30 04	https://www.cauxpoeles72.fr/		EN 14785	
Anjou Bois Energie	1 rue des Chasles	49700	CISAY LA MADELEINE	02 41 50 35 29	https://lbg-environnement.fr/	pesons	DIN +	Piveteau 85
Allium Energies (Terrena)	Zone de l'Hermitage	44510	ANCENIS	02 40 98 92 28	contact@allium-energies.fr https://www.allium-energies.fr/	pesons	NF	Archimbaud 79
Fée du Feu	11 rue Louis Raison	35113	DOMAGNE	02 57 70 01 21	contact@feedufeu.com www.feedufeu.com	caissons	NF et DIN+	Coopédom 35

4.2.2.2 Liste des fournisseurs/distributeurs granulés bois en vrac en Sarthe (liste non exhaustive)

Société	Localisation	Coordonnées	Origine, certification et qualité produit	Départements livrés
Alliance Forêts Bois Pays de la Loire/Bretagne	5, Rue Des Gravaux 72200 La Flèche	Etienne Montagne Tel : 02 43 45 55 45 etienne.montagne@alliancefb.fr	Forêt PEFC / FSC	44, 49, 53, 72, 85
Association Haies Nergies Bocagères	2 lieu-dit de la Violaye 44130 Fay de Bretagne	Véronique Guitton Tel : 06 74 11 54 19 association.hnb@gmail.com	Bocage	44
Barbazanges Tri Ouest	Rue Lafayette 44110 Châteaubriant	Loïc Gonzalez Tel : 06 78 79 15 50 loic.gonzalez@trioouest.com	Bois Fin de vie SSD	44
BEMA (Bois Energie Maine Atlantique)	La lande du Moulin 44170 Nozay	Mathieu Havard Tel : 02 40 51 78 67 Port : 06 21 81 49 92 Commercial@bema-be.fr	Forêt / bocage / arbre urbain/connexe scierie PEFC / CBQ+	44, 49, 53, 72, 85
Bois Energie du Maine SARL	61 rue des Bains 72390 Le Luart	Jean-François Viot Tel : 02 43 23 77 37 contact@bois-energie-du-maine.com	Forêt / bocage	72
Brangeon Recyclage	ZAC du Cormier 4 rue Chevreul 49300 Cholet	Jordan Perraudau Tel : 02 41 49 19 50 Port : 07 56 05 29 49 Jordan.perraudau@brangeon.fr	Bois Fin de vie	44, 49, 53, 72, 85
EARL Bordeaux	Le Gast 53360 Peuton	Dominique Bordeaux Tel : 06 87 14 20 39 Dominique.bordeaux@orange.fr	Bocage	53
EBS	3 avenue René Laennec 72 000 Le Mans	Antoine Lanoiselée Tel : 06 47 78 75 00 antoine.lanoiselee@ebsourcing.net	Forêt PEFC	49
Ecosys	Allée des Peupliers 44470 Carquefou	Emmanuel Galland Tel : 02 28 20 20 20 eg@ecosys.fr	s verts / Bois Fin de Vie SSD / CBQ+	44, 49, 53, 72, 85
ETS Gendron	La Boëtte 49800 LA DAGUENIERE	Philippe Gendron Tel : 02 41 69 03 01 phi.gendron@terre-net.fr	Déchets verts	49
FDN SARL	Lieu dit Domaine 72440 Saint Michel de Chavaignes	Francisco de Olivera Tel : 06 17 01 06 82 francisco.olivera74@sfr.fr	Forêt	72
Loire Compost Environnement Anjou Bois Energie	Fosse Bellay 49700 Cizay la Madeleine	Ludovic Anger Tel : 02 41 67 00 41 / 06 81 48 82 19 commercial@loire-compost.fr	Forêt / Déchets verts/ Bois Fin de Vie SSD / CBQ+	49
Fagus Energie	La Barre 53350 LA ROË	François Gérard Tel : 06 11 97 04 40 fagusenergie@orange.fr	Forêt	53
Forestière de la Roche Hue	La Touchardière 49430 Durtal	Arnaud Heim de Balsac Tel: 02 41 76 30 09 ahb@wanadoo.fr	Forêt	49

JB SOL	Zone de Casseau Route de Mayet – BP 60029 72 220 Ecommoy	Carles Buscoz Tel : 06 80 72 44 84 jbsol@wanadoo.fr	Forêt / connexes sciage	72
Métaux Fers Valorys	Z.I les Plesses – Rue Henri Farman 85180 Le Château d'Olonne	Sébastien Joubert Tel : 06 07 24 49 60 sebastien.metauxfers@orange.fr	Bois Fin de Vie	85
ONF Centre Ouest	100 Bd de la Salle – BP 18 45760 Boigny sur Bionne	Christophe Lebrun : Tel : 07 63 59 28 43 onf-energie.siege@onf.fr	Forêt PEFC	44, 49, 53, 72, 85
PAPREC Recyclage	ZAC de la Lorie – 39 rue Bobby Sands – 44813 St Herblain Cedex	Patrice Berthommier Tel : 06 09 72 74 44 patrice.berthommier@paprec.com	Forêts / Bois Fin de Vie SSD	44, 49, 53, 72, 85
SCIC Bois Energies Locales	ZA La Guerche 85500 Les Herbiers	Jérôme Pineau Tel : 06 87 29 63 03 scic.boisenergieslocales@yahoo.fr	Bocage / Bois Fin de Vie	85
SCIC Maine et Loire Bois Energie	14 avenue Joxé, 49006 Angers Cedex 1	Florent Villepelle Tel : 06 20 84 46 30 florent.villepelle@capdl.chambagri.fr	Forêt / bocage / Bois Fin de Vie PEFC / SSD / CBQ+	49
SCIC Mayenne Bois Energie	La Lande - RD 217 53100 Parigné sur Braye	Karine Amelot Tel : 02 43 08 35 60 scic.hmbe53@orange.fr	Bocage / Bois fin de vie Label Haie	53
Scierie mobile de Pescheseul	Ld Pescheseul 72430 Avoise	Cyril d'Argentré Tel : 02 43 95 91 70 gpt-fonc-rural-pescheseul@orange.fr	Forêt / connexes sciage	72
Valdefis SARL	La Cornière 85170 Dompierre sur Yon	Daniel Roux Tel : 06 76 94 60 08 accueil@valdefis.com	Forêt / bocage / arbre urbain/déchets verts / Bois Fin de Vie PEFC / SSD / CBQ+	85
Veolia propreté filière bois	6 Rue Nathalie Sarraute 44205 Nantes Cedex 2	Nicolas Chéné Tel : 06 46 58 47 48 nicolas.chene@veolia-proprete.fr	Forêt / Déchets verts / Bois Fin de vie SSD	44, 49, 53, 72, 85

5. CHOIX DES EQUIPEMENTS

5.1 SOLUTION CHAUFFERIE GAZ

La solution de référence étudiée est une chaufferie gaz, implantée dans la nouvelle chaufferie.

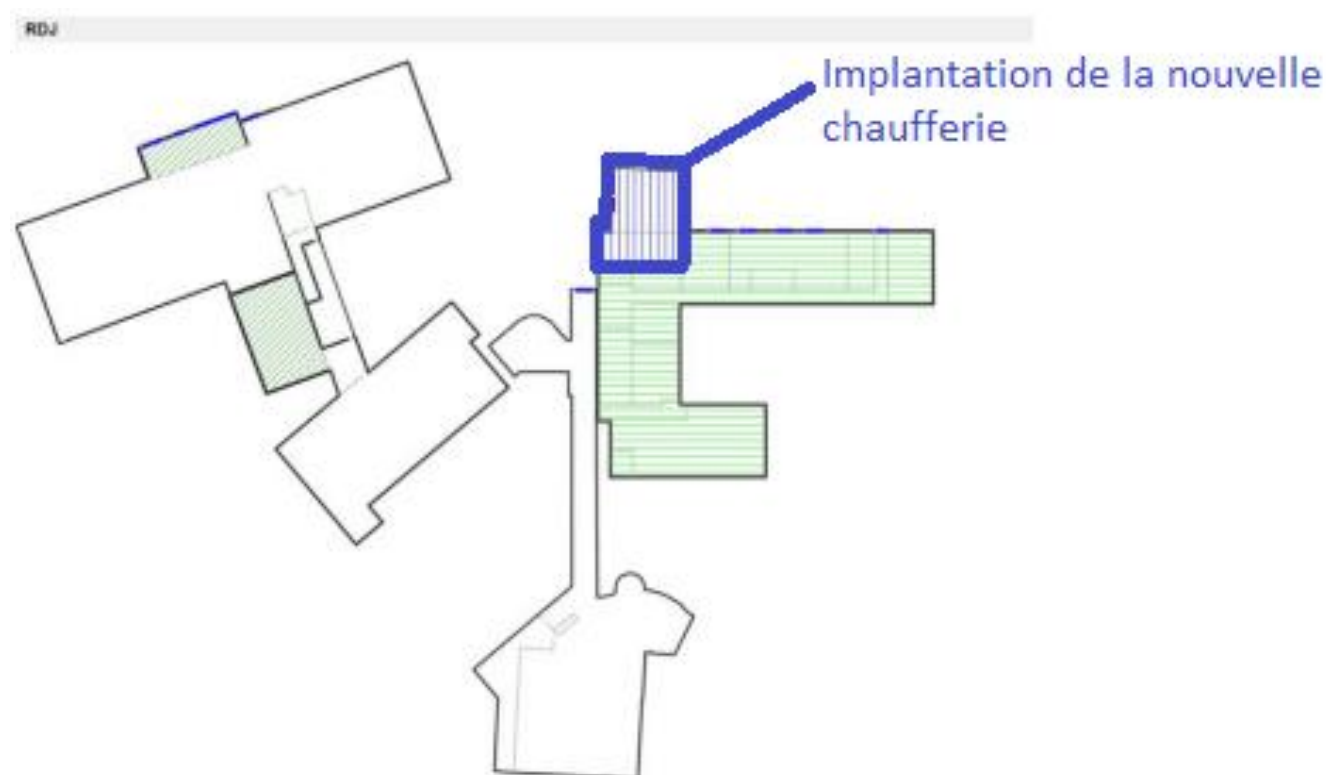
Elle comportera 2 chaudières gaz à condensation de marque ATLANTIC, modèle VARMAX 225 d'une puissance unitaire de 219 kW. L'eau chaude sanitaire destinée aux résidents et à la cuisine sera également produite à partir de la chaufferie gaz.

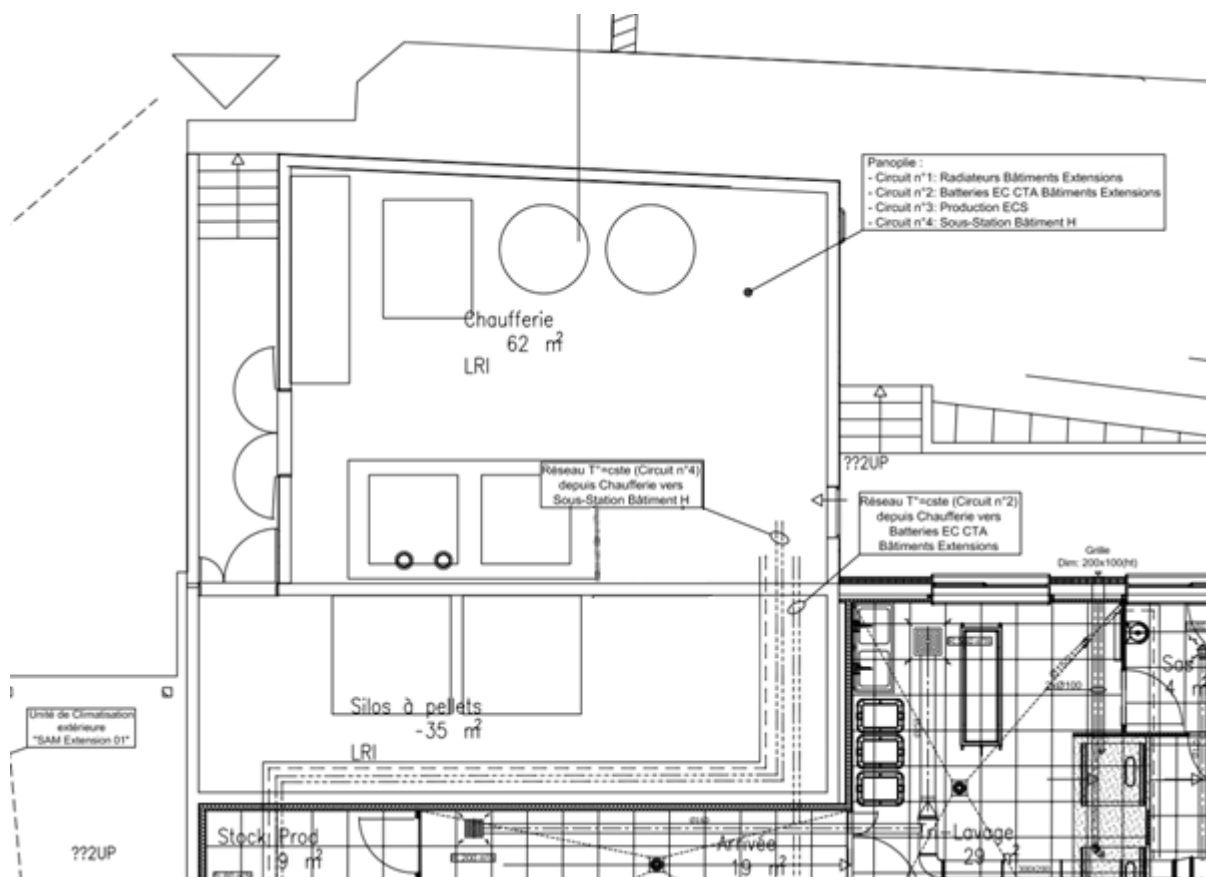
Elle sera alimentée en gaz propane à partir d'une cuve enterrée située à proximité de la chaufferie (voir plan au paragraphe 5.3.3.1).

5.2 SOLUTION CHAUFFERIE BOIS PELLET

5.2.1 Site d'implantation de la chaufferie

La nouvelle chaufferie sera située dans la partie extension, au niveau Rez-de-jardin.





La chaufferie sera d'une surface de 68m² avec une zone de stockage du bois pellet de 35m² accolée à la chaufferie. Cet emplacement se situe proche de la cuisine de l'Ehpad et possède donc une voirie d'accès adaptée pour la livraison du bois.

Le stockage des granulés sera fait à partir de 2 silos de stockage dans une zone adjacente à la chaufferie. Le système de remplissage des granulés est en façade.

Un espace est également prévu en chaufferie pour installer deux ballons tampons d'une capacité de 5003 litres.

5.2.2 Technologie des chaudières bois et des silos de stockage

Pour répondre au besoin du projet, il sera prévu 2 chaudières de type à granulés de bois, de marque HARGASSNER ou techniquement équivalent modèle EcoPK 220 (2 chaudières en cascade) d'une puissance unitaire de 220 kW (modulante entre 30% et 100% de puissance) comprenant :

- Allumage automatique optimisé
- Ensemble foyer/échangeur monobloc
- turbulateurs mobiles
- Sonde lambda

5.2.2.1 Données générales EcoPK 220

- Puissance de chauffe nominale : 216 kW pour une chaudière soit 432 kW.
- Contenance en eau : 360 litres par chaudière.
- Diamètre du conduit de fumée : 250 mm
- Isolation par 8cm de laine minérale
- Puissance nominale : 216 kW



- Puissance intermédiaire / minimale : 59 kW
- Rendement à pleine charge: 94.70 %
- Rendement à charge partielle : 97.40%

5.2.2.2 Dimensions

- Profondeur brute: 1902 mm
- Largeur brute : 945 mm
- Hauteur brute : 1915 mm
- Poids : 1320kg

Les dimensions sont adaptées pour une bonne implantation dans la nouvelle chaufferie.

5.2.2.3 Données techniques spécifiques

- Besoin en tirage avec présence d'un régulateur de dépression : 10 Pa
- Température de service max. 95°C
- Pression de service max. 3 bar (testée à 6 bars)

5.2.2.4 Descriptif chaudière EcoPK 220

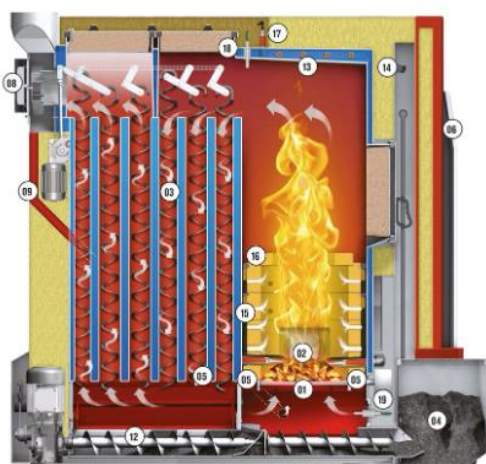
Les chaudières **HARGASSNER** de type **EcoPK130-220** sont équipées de série des fonctionnalités suivantes :

- Ensemble foyer/échangeur monobloc manipulable par transpalette ou par crochet de levage,
- Régulation Lambda Touch'Tronic à écran tactile en couleur
- Alimentation automatique du combustible par 2 vis d'alimentation séparées par une écluse rotative pour les modèles à extracteur de silo RAP et à double écluse rotative pour les modèles à transfert pneumatique RAS, RAPS, GWTS,
- Allumage automatique optimisé 2 x 300W,
- Nettoyage de l'échangeur automatique,
- Pré-dépoussiéreur de fumées intégré,
- Décendrage automatique avec bac à cendres unique monté sur roues,
- Extracteur de fumées à vitesse variable avec contrôle de la dépression dans le foyer,
- Contrôle de combustion par sonde Lambda,
- Dispositif de recyclage des gaz pour les combustibles de qualité médiocre,
- Contrôle de la température des retours (Groupe de Recyclage intégré en option),
- Régulation de puissance modulante entre 30 et 100% de la puissance nominale,
- Contrôle électronique de l'intensité de tous les moteurs de vis,
- Contrôle du sens de rotation des phases avec mise en sécurité en cas d'inversion,
- Affichage en clair des défauts avec mémorisation de leur date et heure,
- Enregistrement de tous les paramètres en continu sur plusieurs semaines (Journal d'évènements DAQ)
- Compteurs horaires de fonctionnement des différents organes,
- Port de communication Ethernet avec adresse IP.

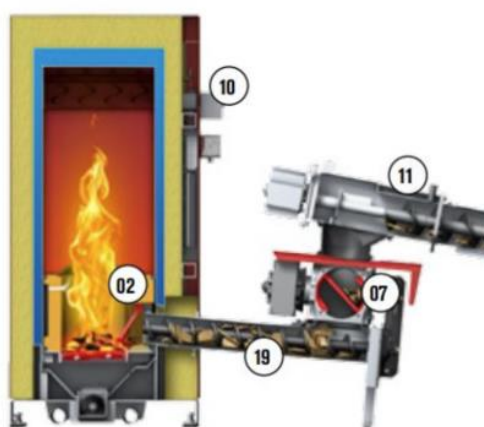


La faible inertie de ces chaudières, leur souplesse et leur grande plage de modulation de puissance leur permet, dans la plupart des cas, de s'affranchir :

- De ballons tampon coûteux et encombrants,
- De l'échangeur de sécurité et de sa soupape de décharge thermique.



- 1 Nouveau système de grilles rotatives quatre éléments
- 2 Réglage du niveau du lit de braises
- 3 Nettoyage de l'échangeur (1er parcours incl.)
- 4 Grand bac à cendres de 75 l; aspiration des cendres dans un réservoir de 300 l en option
- 5 Nouvel allumeur: 2 x 300 W sans ventilateur
- 6 Commande Touch moderne intégrée
- 7 Écluse rotative avec deux compartiments en forme de Z
- 8 Extracteur de fumée (moteur EC) avec contrôle de dépression
- 9 Recyclage des gaz de fumée de série
- 10 Contrôle de retour (recyclage) intégré (en option)
- 11 Système d'extraction économique Eco-RA
- 12 Extraction brevetée des cendres résiduelles et volantes
- 13 Échangeur de chaleur comme soupape de décharge thermique
- 14 Contrôle de dépression
- 15 Chambre de combustion très haute température
- 16 Buse de contrôle de flamme en acier moulé de haute qualité
- 17 Sonde Lambda
- 18 Contrôle de température de la flamme
- 19 Contrôle de température de la grille



5.2.2.5 Combustible acceptable

Les caractéristiques du granulé utilisé doivent répondre aux critères des normes NF, EN PLUS, DIN PLUS et à la classe A1/I1 de la norme ISO 17225-2 spécifiant les caractéristiques des combustibles bois.

La classe A1/I1 implique principalement les éléments suivants :

- Le bois doit avoir comme origine des grumes ou des sous-produits du bois non traités chimiquement.
- Le diamètre doit être de 6 mm ± 1 mm.
- La longueur doit être comprise entre 3.15 mm et 40 mm.
- L'humidité doit être ≤ 10%.
- Le taux de cendre doit être ≤ 0.7%.
- Le taux de résistance mécanique doit être ≥ 97.5%.
- Le taux de fines doit être ≤ 1%.
- Le nombre d'additifs doit être ≤ 2.
- Le PCI doit être ≥ 4.6 kWh/kg.
- La masse volumique apparente doit être ≥ 600 kg/m³.
- Le taux d'azote doit être ≤ 0.3%.
- Le taux de soufre doit être ≤ 0.04%.
- Le taux de chlore doit être ≤ 0.02%



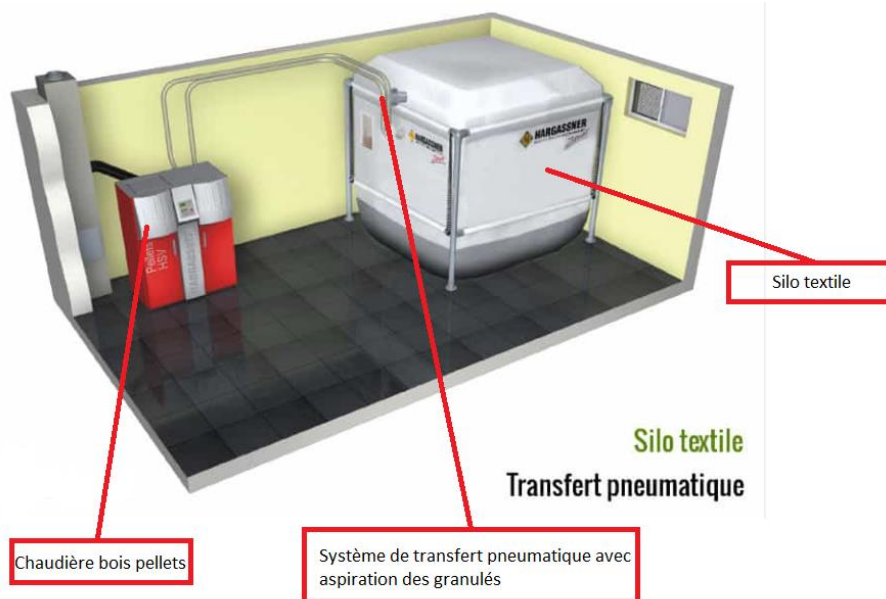
5.2.2.6 Eléments spécifiques chaudière

Transfert silo-foyer :

Depuis la zone technique, le bois sera transféré du local silos vers les chaudières par un système de transfert pneumatique. Le convoyage du combustible depuis chaque silo textile vers la chaudière dédiée sera réalisé par un système de transfert pneumatique composé de deux tuyaux souple $\varnothing$ 50 mm (l'un permettant l'aspiration l'autre le soufflage). La turbine d'aspiration transfère les granulés de bois du silo vers la trémie cyclonique jusqu'à atteindre le niveau haut de la trémie (détecteur capacitif intégré).

Il sera prévu des jeux de bagues coupe-feu pour les tuyaux souples de transfert pneumatique à la traversée du mur séparatif silo / chaufferie

Ci-dessous une photo montrant le fonctionnement d'un transfert pneumatique des granulés (en réalité les silos et les chaudières seront dans deux pièces adjacentes mais le principe reste le même).



La longueur des tuyaux pour le transfert pneumatique des granulés peut aller jusqu'à 20m, ce qui laisse plusieurs possibilités d'implantation des silos.

Le silo textile GWT-MAX permet d'obtenir un volume utile de combustible plus élevé qu'un silo GWTS classique. En effet, le silo GWT-MAX est à forme auto variable : lors du remplissage du silo, le poids du granulé détend les ressorts et les tendeurs, le silo prend alors la forme d'un pavé. Quand le silo se vide, son poids diminue et donc les ressorts et tendeurs relèvent le silo jusqu'à sa forme à 4 pentes permettant de vider totalement le silo).

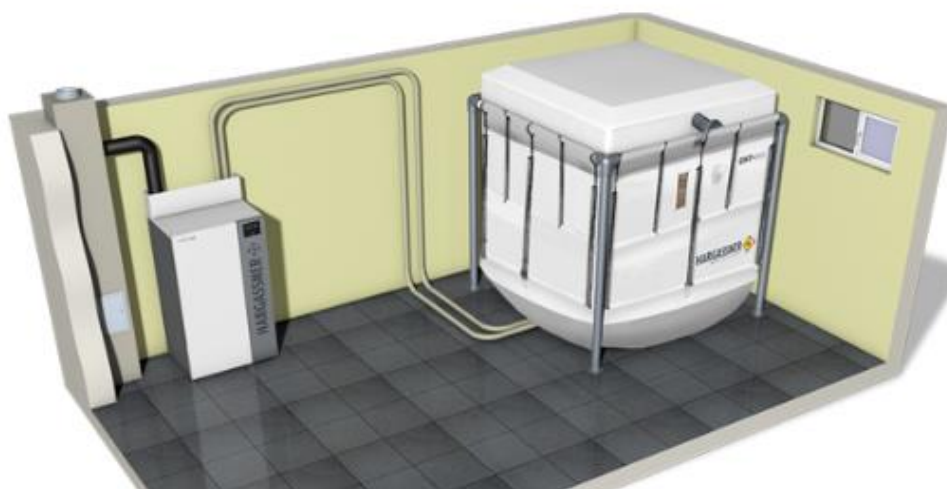
Coupe de principe du transfert de bois entre le silo enterré et la chaufferie :



Type de silo :

Dans ce local seront installés 2 silos textiles de marque HARGASSNER ou équivalent, type GWT Max XL pour transfert pneumatique. Chaque silo textile aura les caractéristiques suivantes :

- Dimensions 250 x 250 cm, hauteur réglable de 280 cm,
- Capacité : 8,5 tonnes,
- Silo préfabriqué en toile à assembler sur site, silo à forme auto variable,
- Ossature tubulaire supportant une enveloppe en toile souple, filtrante et antistatique,
- Réceptacle avec raccordement des tuyaux d'aspiration et de refoulement,
- Tube de remplissage avec raccord pompier aluminium DN 100 et bouchon,
- Raccord de mise à la terre,
- Tapis de protection d'impact à poser en face du raccord d'alimentation



Décendrage :

Les techniques développées par Hargassner vous apportent toujours plus de confort: le nouveau système de décendrage nettoie régulièrement toutes les surfaces d'échange de la chaudière. La vis de décendrage évacue à la fois les résidus de dépoussiérage des fumées et les cendres de combustion. Pendant leur transfert, les cendres sont affinées, puis comprimées dans le cendrier.

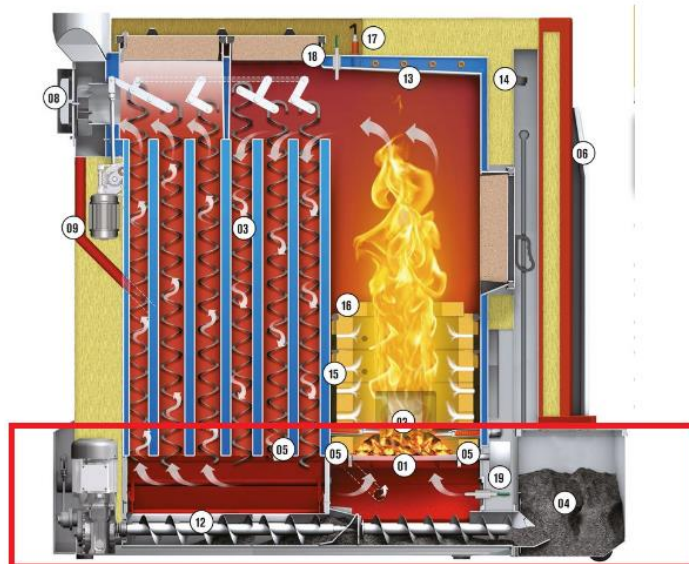


Photo de la chaîne de décendrage

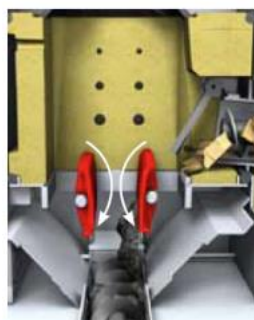
Le système de vis permet de pousser les cendres vers le cendrier. Le cendrier est d'une capacité de 75 litres et permet donc de tenir plusieurs semaines.



Pendant la combustion, les grilles sont **fermées**. Elles peuvent **osciller** légèrement pour homogénéiser la couche de braises et empêcher la formation des blocs de mâchefers.



Avec un combustible comme le bois, un **décendrage partiel** suffit: seule la grille de décendrage s'ouvre. La cendre tombe dans la vis de décendrage tandis que la braise reste intacte.



Lorsqu'elle est froide, la chaudière procède à un **décendrage complet** avant de démarrer: les **2 grilles s'ouvrent**, et les cendres froides, ainsi que les corps étrangers (cailloux, clous, etc...), sont évacués dans la vis de décendrage.



Avec le **miscanthus**, la **rafle de maïs**, etc..., les éventuels mâchefers ou résidus sont éliminés par la **fonction de broyage**, lors de la rotation simultanée des 2 grilles.

Automatismes - régulation :

Particulièrement intuitive et conviviale, la régulation Lambda Touch'Tronic intègre les fonctions suivantes :

- La commande de tous les organes de la chaudière (extraction de bois, extracteur de fumée, allumage, décrochage...)
- Le contrôle et la régulation de combustion : en fonction de la température chaudière, la régulation calcule la puissance demandée. Elle définit donc le niveau de bois/braise dans le foyer, la vitesse de l'extracteur de fumées, la consigne d'O₂, la dépression nécessaire dans le foyer, la position du volet d'air primaire, etc...
- La gestion du Recyclage (par Pompe en by-pass ou Pompe de charge avec vanne 3 voies motorisée), les Réseaux éventuels et la Zone Externe.
- La gestion avec 1, 3 ou 5 sondes d'un éventuel Tampon (nécessité et dimensionnement à faire valider par le concessionnaire)



3 niveaux hiérarchisés d'accès aux menus sont disponibles :

- Menu Utilisateur à accès libre (paramétrages simples du chauffage, du combustible, de l'heure...)
- Menu Installateur à accès limité (configuration des caractéristiques de l'installation)
- Menu Usine à accès réservé (paramétrages des fonctionnalités de la chaudière).

Un commutateur tactile à 4 positions permet de sélectionner le mode de fonctionnement choisi :

- Arrêt : Arrêt de la chaudière, du chauffage et de la production d'ECS.
- Ballon (*Eté*) : La chaudière n'assure que la production d'ECS.
- Auto (*Hiver*) : La chaudière assure l'ECS et le chauffage.
- Manuel : La chaudière est arrêtée. Dans ce menu, l'utilisateur peut actionner et vérifier le fonctionnement de chaque composant de l'installation. Cette fonction est particulièrement utile pour diagnostiquer le défaut d'un composant, elle permet par exemple d'actionner en marche avant ou en marche arrière chacune des vis, tout en visualisant l'intensité du moteur correspondant.

L'alimentation électrique nécessite le triphasé 400V + Neutre + Terre (5 x 2,5 mm²) et protégée par un disjoncteur tétra polaire 16A courbe C (avec un différentiel 30mA type AC Optionnel).

Comptage de l'énergie :

L'entreprise devra la fourniture et la pose de compteurs d'énergie permettant le suivi des consommations électriques des systèmes de chauffage. Ils seront placés sur les départs du TGBT.

L'entreprise devra la fourniture et la pose de compteurs d'énergie permettant le suivi des consommations électriques des équipements d'eau chaude sanitaire. Ils seront installés dans chaque armoire électrique.

Une GTC sera prévue pour le projet permettant un contrôle de l'état de fonctionnement de l'installation bois et informera les intervenants qui assure l'entretien et la maintenance des équipements.

Les fonctions principales de la GTC seront:

- La possibilité de télécommander l'installation et de modifier les paramètres et seuils,
- L'émission de signalisations ou d'alarmes
- Informer les professionnels pour faciliter leurs tâches, de suivre les interventions et d'enregistrer les historiques.

Systèmes de sécurité :

Sécurité incendie : Elle est assurée à plusieurs niveaux :

- Les 2 doubles écluses de sécurité homologuées, formant un sas, garantissent une protection contre les remontées de fumées et de feu entre les 2 vis d'alimentation, quelles que soient leur position.
- A chaque mise en veille ou arrêt normal de la chaudière, un cycle d'arrêt est programmé, qui comprend entre autres la marche arrière de la vis d'entrée chaudière pendant quelques secondes, afin de créer une séparation physique de quelques cm entre le bois qui est entré dans le foyer et celui qui se trouve dans la vis. Ainsi, la propagation d'un éventuel retour du feu est rendu impossible.
- En cas de montée anormale de la température des fumées (initialement programmée à 200°C), la puissance de la chaudière est automatiquement écrêtée à la puissance minimale programmée.

Sécurité anti-surchauffe : Elle est assurée par plusieurs dispositifs en cascade :

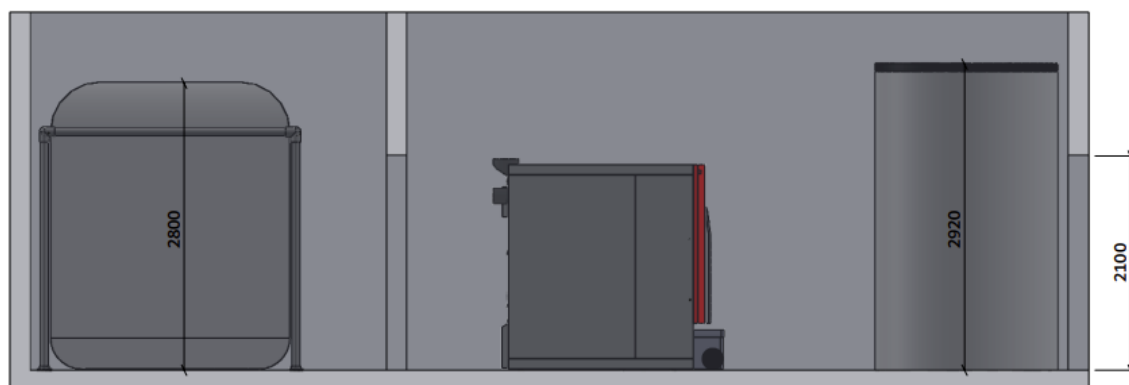
- En cas d'arrêt volontaire du chauffage (mise en position « ARRÊT »), les circulateurs de chauffage continuent à fonctionner jusqu'à ce que la température de la chaudière redescende en dessous de 40°C (valeur paramétrable).
- Si la température de la chaudière devait dépasser accidentellement 90°C (valeur paramétrable), le(s) circulateur(s) de ballon d'ECS, puis les circulateurs de chauffage et les vannes 3 voies motorisées sont commandés en marche forcée jusqu'au refroidissement de la chaudière, en simulant une température extérieure de -10°C (valeur paramétrable).
- Un thermostat électronique contrôle en permanence la température de la chaudière et ajuste la puissance de la flamme (quantité d'air et de bois variables) en continu. Plus on s'approche de la température maximale programmée (env. 75 à 85°C), plus la puissance de feu baisse, jusqu'à l'arrêt total de la chaudière si nécessaire. Au-delà de 95°C, un thermostat de sécurité à réarmement manuel (réglementaire en France) déclenche l'arrêt immédiat de la combustion et le refroidissement de la chaudière. Cette fonction actionne simultanément avec l'arrêt des vis d'amenée de bois, la mise en position verticale des deux grilles de décendrage et le fonctionnement à 100% de l'extracteur de fumée pour évacuer la chaleur.
- La faible inertie de ces chaudières permet de s'affranchir de l'échangeur de sécurité et de sa soupape de décharge thermique

Traitement des fumées :

Hargassner utilise des extracteurs de fumées EC économiques pour Eco-PK. Le principal avantage de cette technologie GreenTech EC est le taux de rendement nettement supérieur, allant jusqu'à 90 %. Cela permet d'économiser de l'énergie et de l'électrique. La boîte de dépression mesure continuellement les conditions de pression dans le foyer. La Lambda Touchtronic utilise ces données pour réguler la vitesse de la soufflante de tirage et pour maintenir ainsi dépression à un niveau idéal. Ce concept garantit une combustion à des températures minimales des fumées et donc un maximum d'efficacité.

L'EcoPK est dotée d'un nouveau système de nettoyage d'échangeur qui agit à intervalles réguliers sur TOUS les passages de fumées, y compris le second parcours dont le mécanisme est fabriqué en matériaux inoxydables. Les arêtes vives des turbulateurs éliminent parfaitement les poussières des parois de l'échangeur et les évacuent directement dans le cendrier. La chaudière reste propre et le rendement élevé toute l'année.

5.2.2.7 Proposition d'implantation de la chaufferie et du silo en coupe



HARGASSNER
France NORD-OUEST
Les Marguerites
79130 NEUVY-BOUIN
Tél: 0 549 635 513 Fax: 0 549 958 664
nord.ouest@hargassner-france.com

Proposition d'implantation de la chaufferie et du silo

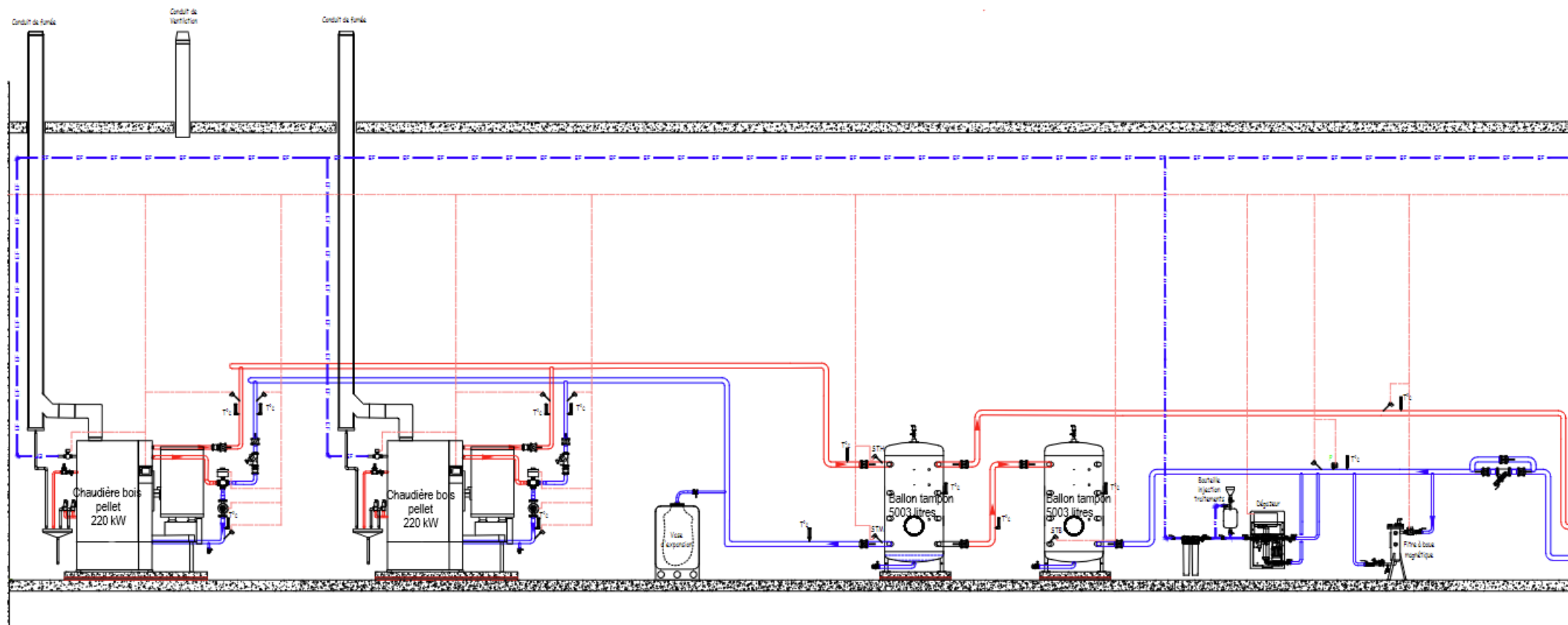
Echelle: 1/50

Cliant: Mairie de Mansigné (72)

Installateur: OTEIS (72)

J. FOUCAULT
le 06/10/2022

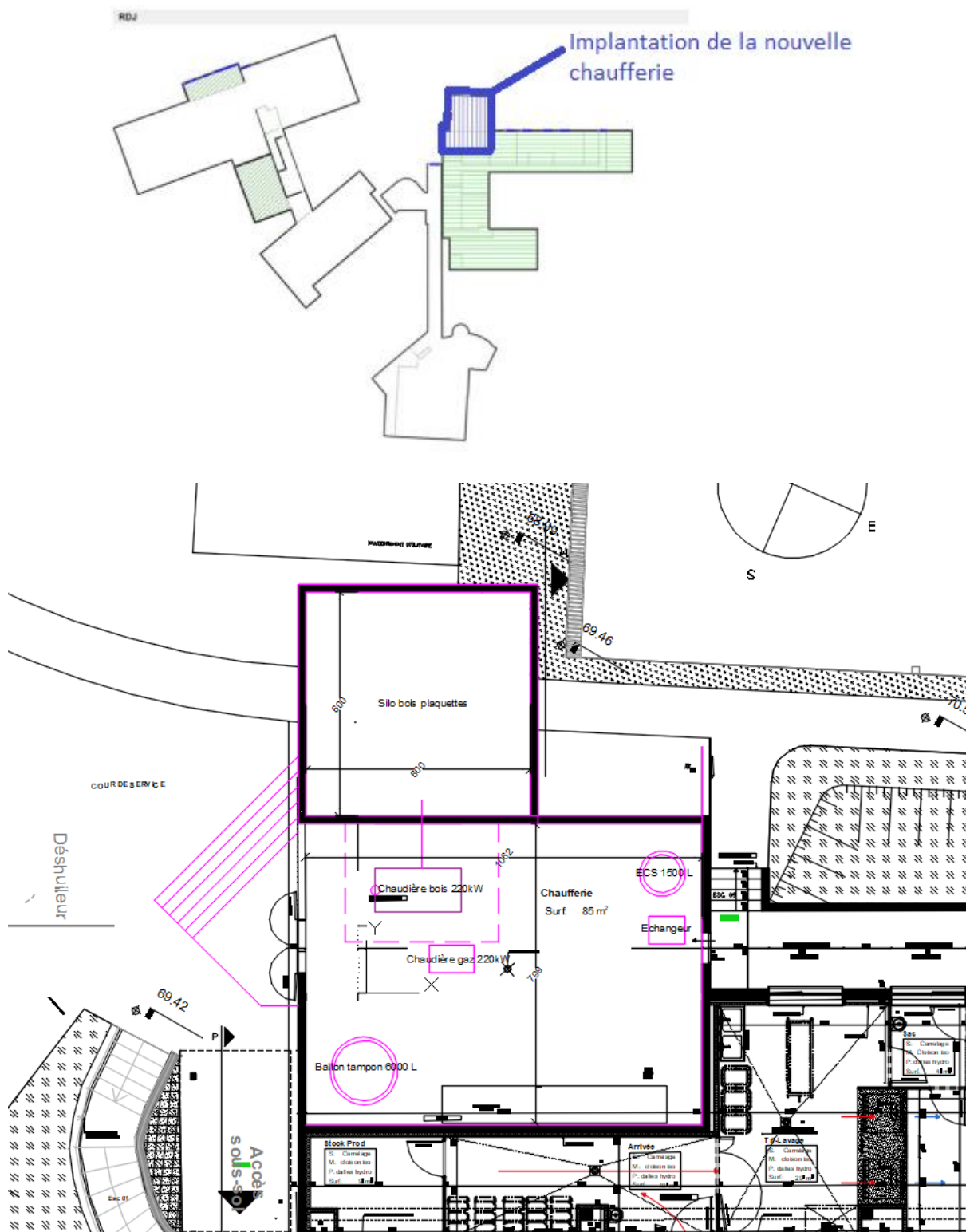
5.2.2.8 Schéma de principe chaufferie bois pellet



5.3 SOLUTION CHAUFFERIE BOIS DECHIQUETE / GAZ

5.3.1 Site d'implantation de la chaufferie

La nouvelle chaufferie sera situé dans la partie extension, au niveau Rez-de-jardin.



La chaufferie sera d'une surface d'environ 85 m² avec la une zone de stockage du bois plaquettes dans un silo extérieur aérien collé à la chaufferie.

Un espace est également prévu en chaufferie pour installer un ballon tampon d'une capacité de 5973 litres.

Cet emplacement se situe proche de la cuisine de l'Ehpad et possède donc une voirie d'accès adaptée pour la livraison du bois.

5.3.2 Technologie de la chaudière bois plaquette et du silo de stockage

Pour répondre au besoin du projet, il sera prévu 1 chaudière de type bois déchiqueté ou à plaquettes, de marque HARGASSNER ou techniquement équivalent modèle EcoHK 250 d'une puissance unitaire de 250 kW (modulante entre 30% et 100% de puissance).

Chaudière bois plaquettes 220kW :

- Allumage automatique optimisé
- Ensemble foyer/échangeur monobloc
- turbulateurs mobiles
- Sonde lambda

5.3.2.1 Données générales EcoHK 220

- Puissance de chauffe nominale : 250 kW
- Contenance en eau : 570 litres
- Diamètre du conduit de fumée : 250 mm
- Puissance intermédiaire / minimale : 74.7 kW
- Rendement à pleine charge: 94.10 %
- Rendement à charge partielle : 96.80%

5.3.2.2 Dimensions

- Profondeur brute: 2285 mm
- Largeur brute : 1155 mm
- Hauteur brute : 2010 mm
- Poids : 2150 kg

Les dimensions sont adaptées pour une bonne implantation dans la nouvelle chaufferie.

5.3.2.3 Données techniques spécifiques

- Besoin en tirage avec présence d'un régulateur de dépression : 10 Pa
- Température de service max. 95°C
- Pression de service max. 3 bar (testée à 6 bars)

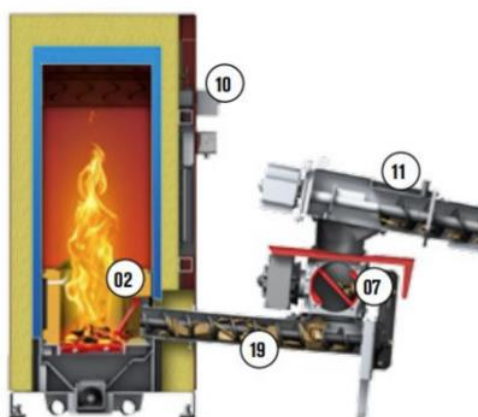
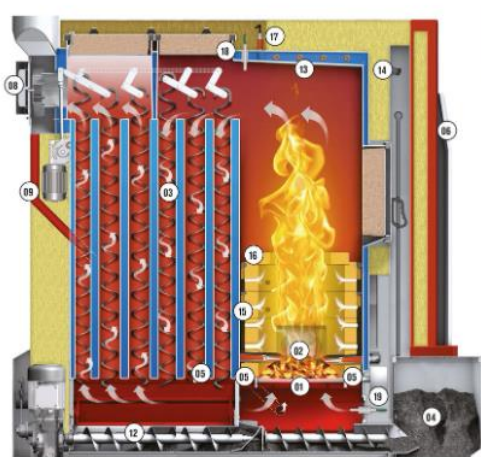
5.3.2.4 Descriptif chaudière EcoHK 220

Les chaudières HARGASSNER de type EcoHK250-330 sont équipées de série des fonctionnalités suivantes :

- Ensemble foyer/échangeur monobloc manipulable par transpalette ou par crochet de levage,
- Régulation Lambda Touch'Tronic à écran tactile en couleur, commune à toute la gamme HARGASSNER,
- Alimentation automatique du combustible par 2 vis séparées par une écluse de sécurité,
- Allumage automatique optimisé,
 - Nettoyage de l'échangeur automatique,

- Pré-dépoussiéreur de fumées intégré,
- Décendrage automatique avec bac à cendres unique monté sur roues,
- Extracteur de fumées à vitesse variable avec contrôle de la dépression dans le foyer,
- Contrôle de combustion par sonde Lambda,
- Dispositif de recyclage des gaz pour les combustibles de qualité médiocre,
- Contrôle de la température des retours (Double groupe de Recyclage intégré en option),
- Régulation de puissance modulante entre 30 et 100% de la puissance nominale,
- Contrôle électronique de l'intensité de tous les moteurs de vis,
- Contrôle du sens de rotation des phases avec mise en sécurité en cas d'inversion,
- Affichage en clair des défauts avec mémorisation de leur date et heure,
- Enregistrement de tous les paramètres en continu sur plusieurs semaines (Journal d'événements DAQ)
- Compteurs horaires de fonctionnement des différents organes,
- Port de communication Ethernet avec adresse IP.

La faible inertie de ces chaudières, leur souplesse et leur grande plage de modulation de puissance leur permet, dans certains cas de s'affranchir de ballons tampon coûteux et encombrants.



- 1 Nouveau système de grilles rotatives quatre éléments
- 2 Réglage du niveau du lit de braises
- 3 Nettoyage de l'échangeur (1er parcours incl.)
- 4 Grand bac à cendres de 75 l; aspiration des cendres dans un réservoir de 300 l en option
- 5 Nouvel allumeur: 2 x 300 W sans ventilateur
- 6 Commande Touch moderne intégrée
- 7 Écluse rotative avec deux compartiments en forme de Z
- 8 Extracteur de fumée (moteur EC) avec contrôle de dépression
- 9 Recyclage des gaz de fumée de série
- 10 Contrôle de retour (recyclage) intégré (en option)
- 11 Système d'extraction économique Eco-RA
- 12 Extraction brevetée des cendres résiduelles et volantes
- 13 Échangeur de chaleur comme soupape de décharge thermique
- 14 Contrôle de dépression
- 15 Chambre de combustion très haute température
- 16 Buse de contrôle de flamme en acier moulé de haute qualité
- 17 Sonde Lambda
- 18 Contrôle de température de la flamme
- 19 Contrôle de température de la grille

5.3.2.5 Combustible acceptable par la chaudière

a) Granulométrie :

- Les chaudières EcoHK250-330 sont conçues pour fonctionner avec du bois plaquettes dont la granulométrie n'excède pas P31S au sens de la norme ISO 17225-4.

b) Humidité :

- Selon la même norme, l'humidité du bois ne doit pas excéder M35, soit 35% d'humidité sur brut maximum.

c) Autres caractéristiques :

- Le taux de cendres doit, de préférence, rester inférieur à 1% en masse,
- La masse volumique doit être supérieure à BD200 au sens de la norme ISO 17225-4:2014(F), soit supérieure
- A 200kg/MAP,
- Le PCI anhydre doit être supérieur à 4,6MWh/t,
- Le PCI à 30% d'humidité sur brut doit être supérieur à 3,2MWh/t.

Type de foyer :



- Foyer de type « volcan » avec 3 jeux de grilles rotatives et 1 grille fixe,
- Décendrage partiel sans interruption de la combustion
- Foyer garni de briques réfractaires moulées facilement démontables par la porte d'accès avant,
- Venturi générant les turbulences nécessaires au mélange des gaz (réduction des émissions),
- Sonde de température du foyer avec correction de l'O₂ résiduel,
- Arrivée d'air primaire (sous les grilles) contrôlée par un volet motorisé et dispositif de recyclage des gaz associé,
- Arrivée d'air secondaire préchauffé à travers les briques réfractaires (refroidissement simultané des réfractaires),
- Arrivée d'air tertiaire dans la chambre de combustion contrôlée par un volet motorisé,
- Languette de détection du niveau de bois et braises dans le foyer contrôlant l'amenée du combustible,
- Allumage automatique par 2 résistances de 300W maxi,
- Optimisation de l'allumeur selon niveau de braise, température de fumées et taux d'O₂ résiduel,
- Évacuation des cendres de combustion, des poussières de nettoyage de l'échangeur et des particules du pré-dépoussiéreur par vis dans l'unique bac à cendres amovible situé en face avant, dont l'autonomie est de plusieurs semaines,
- Alarme de cendrier presque plein, puis plein par contrôle de l'intensité du moteur de vis de décendrage,
- Capacité du cendrier : 75 litres,
- Alimentation du bois par la gauche ou la droite (à spécifier à la commande),
- Base équipée de 4 pieds réglables pour mise de niveau (socle béton inutile).

5.3.2.6 Eléments spécifiques chaudière

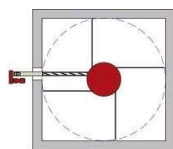
Transfert silo-foyer :



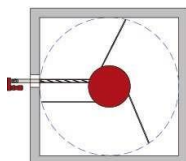
- L'écluse rotative :
- La sécurité incendie entre la chaudière bois et le silo est assurée par une écluse rotative formant un sas au sens de l'article CH8 §2 du règlement de sécurité contre l'incendie relatif aux établissements recevant du public.
- La forme du rotor et sa qualité de fabrication garantissent la parfaite étanchéité de l'écluse en rotation et à l'arrêt, quelle que soit sa position.
- Le rotor en forme de **Z** comporte deux grands compartiments acceptant des queues de déchetage d'une longueur allant jusqu'à **22 cm**. Facilement interchangeables, les 2 couteaux équipant le rotor et le contre-couteau du stator sont en acier trempé.
- Un seul moteur de **370W** entraîne l'écluse rotative et la double vis d'entrée chaudière.
- Le contrôle d'intensité du moteur limite le couple sur le rotor et protège les équipements. La précision de fabrication et son montage sur roulements ne génèrent aucun frottement parasite.



- Les vis d'alimentation :
- La chaudière est alimentée par 2 vis sans fin indépendantes à profil conique.
- La vis d'extraction de silo assure le transfert du bois du silo vers la chaufferie (moteur Triphasé **370W** et **550W** si la longueur de la vis d'extracteur est supérieure à 5 m). Le combustible se déverse dans l'écluse rotative puis dans la double vis d'entrée chaudière.
- Réalisée en acier réfractaire, la double vis d'entrée chaudière peut se positionner à droite ou à gauche de la chaudière. Elle est équipée d'une **sonde de température** qui met en sécurité la chaudière en cas de montée anormale de sa température (>50°C). Elle est également équipée d'un doigt de gant qui peut recevoir la sonde de température d'une soupape de décharge thermique (Sprinkler), qui pourrait injecter de l'eau dans un orifice prévu à cet effet, en cas d'anomalie (voir chapitre *sécurité* ci-dessous). Montée en porte-à-faux, la double vis d'entrée chaudière est guidée par un seul roulement double extérieur renforcé.
- Les motoréducteurs de vis (asynchrones) ont une vitesse constante. L'entraînement des vis est assuré par des motoréducteurs à bain d'huile avec démultiplication intégrée et un **contrôle permanent de l'intensité** des moteurs. Un couvercle de détection de bourrage assure le fonctionnement correct des vis. En cas de défaut (bourrage ou queue de déchetage en travers), la vis est immédiatement commandée en marche arrière sur quelques tours. Si le défaut subsiste, la chaudière est mise en sécurité. Si le défaut disparaît, la vis redémarre normalement. En cas de défauts successifs, la chaudière ne se met en sécurité que lorsque le temps de marche arrière dépasse le temps de marche avant.
- Si le couvercle de détection de bourrage est soulevé au-delà d'un certain angle (intervention humaine), tous les organes d'amenée de bois sont stoppés en même temps.



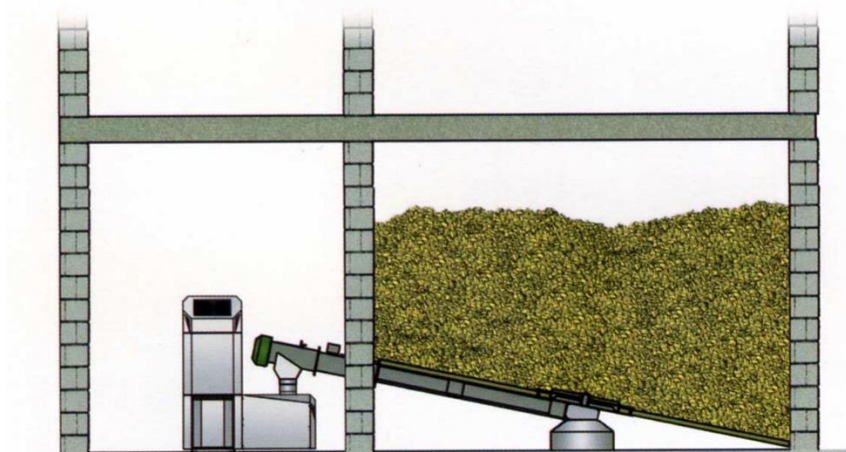
- L'extracteur de silo rotatif :
- Le diamètre nominal d'extraction est compris entre **1,5 m** et **5 m**, au pas de 0,5m.
- L'extracteur de silo est composé de 3 lames jusqu'à Ø4 m et 4 lames au-delà.
- L'extracteur rotatif est entraîné par le moteur de la vis d'extraction située en chaufferie. Aucun composant électrique n'est situé dans le silo bois. Un mécanisme sans entretien assure le renvoi d'angle et la rotation de l'extracteur dans le sens antihoraire.
- Lorsque le silo est plein, les lames se replient sous un disque dit « de détassage » débrayable (brevet HARGASSNER). Au fur et à mesure de la consommation du bois, les lames se déploient dans le bois en formant un cercle dont le diamètre croît jusqu'au diamètre nominal de l'extracteur.
- La faible inclinaison de la vis induit un petit volume de bois inaccessible sous le plan décrit par les lames. La mise en place d'un plancher ou la réalisation de formes complexes en béton, en bois



ou autres est inutile et n'est pas conseillée. Son coût serait bien supérieur à celui du bois immobilisé en fond de silo. Le fond du silo restera de préférence horizontal, sans aucune forme pentue.

- Type de silo :

Le silo, accolé à la chaufferie sera de type aérien. IL aura des dimensions intérieures de 6m x 6m x 3m50. Il sera donc d'un volume de 126 m³. Or, le volume utile du silo représente environ 60% du volume total de celui-ci en raison des différentes zones vides comme le montre le dessin ci-dessous :



Le volume utile du silo est donc de 75,6 m³.

Le remplissage du silo sera effectué par caissons souffleurs.

Décendrage :

Le décendrage se fait de manière automatique avec un bac à cendres unique monté sur roues. Le décendrage se fait partiellement sans interrompre la combustion. A l'occasion des phases de décendrage, il y a une mise en mouvement automatique des turbulateurs pour le nettoyage. La chaudière est également équipée d'une alarme de cendrier presque plein, puis plein par contrôle de l'intensité du moteur de vis de décendrage.

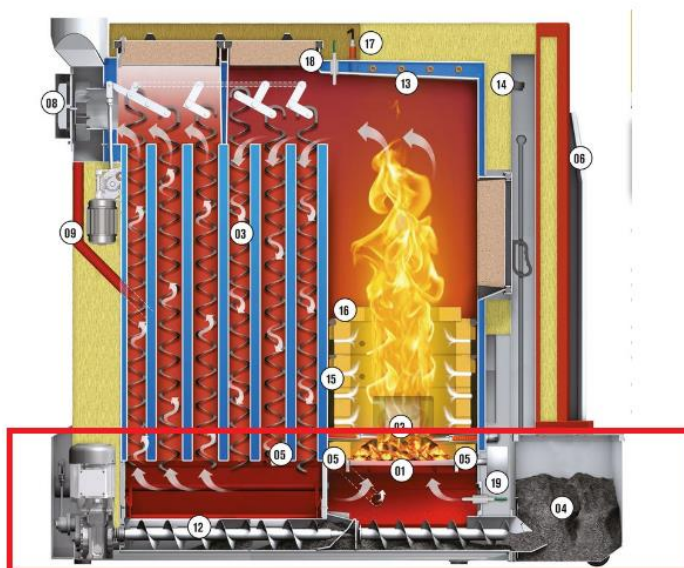


Photo de la chaîne de décendrage

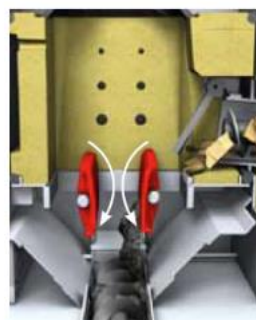
Le système de vis permet de pousser les cendres vers le cendrier.



Pendant la combustion, les grilles sont **fermées**. Elles peuvent **osciller** légèrement pour homogénéiser la couche de braises et empêcher la formation des blocs de mâchefers.



Avec un combustible comme le bois, un **déchargement partiel** suffit: seule la grille de déchargement s'ouvre. La cendre tombe dans la vis de déchargement tandis que la braise reste intacte.



Lorsqu'elle est froide, la chaudière procède à un déchargement complet avant de démarrer: les **2 grilles s'ouvrent**, et les cendres froides, ainsi que les corps étrangers (cailloux, clous, etc...), sont évacués dans la vis de déchargement.



Avec le **miscanthus**, la **rafle de maïs**, etc..., les éventuels mâchefers ou résidus sont éliminés par la **fonction de broyage**, lors de la rotation simultanée des 2 grilles.

Le cendrier est d'une capacité de 75 litres, le système Touch'Tronic prévient lorsque celui-ci est trop rempli. Les cendres pourront être utilisées sur place (espaces verts) ou devront être évacuées par un professionnel vers un centre spécialisé pour traitement / élimination.

Automatismes - régulation :

Particulièrement intuitive et conviviale, la régulation Lambda Touch'Tronic intègre les fonctions suivantes :

- La commande de tous les organes de la chaudière (extraction de bois, extracteur de fumée, allumage, déchargement...)
- Le contrôle et la régulation de combustion : en fonction de la température chaudière, la régulation calcule la puissance demandée. Elle définit donc le niveau de bois/braise dans le foyer, la vitesse de l'extracteur de fumées, la consigne d'O₂, la dépression nécessaire dans le foyer, la position du volet d'air primaire, etc...
- La gestion du Recyclage (par Pompe de charge avec vanne 3 voies motorisée), les Réseaux éventuels et la Zone Externe.

3 niveaux hiérarchisés d'accès aux menus sont disponibles :

- Menu **Utilisateur** à accès libre (paramétrages simples du chauffage, du combustible, de l'heure...)
- Menu **Installateur** à accès limité (configuration des caractéristiques de l'installation)
- Menu **Fabricant** à accès réservé (paramétrages des fonctionnalités de la chaudière)

Un commutateur tactile à 4 positions permet de sélectionner le mode de fonctionnement choisi :

- **Arrêt** : Arrêt de la chaudière, du chauffage et de la production d'ECS. Seule la fonction **hors-gel** de l'installation est assurée.
- **Ballon (Eté)** : La chaudière n'assure que la production d'ECS.
- **Auto (Hiver)** : La chaudière assure l'ECS et le chauffage.
- **Manuel** : La chaudière est arrêtée. Dans ce menu, l'utilisateur peut actionner et vérifier le fonctionnement de chaque composant de l'installation. Cette fonction est particulièrement utile pour diagnostiquer le défaut d'un composant, elle permet par exemple d'actionner en marche avant ou en marche arrière chacune des vis, tout en visualisant l'intensité du moteur correspondant.



L'alimentation électrique nécessite le triphasé 400V + Neutre + Terre (5 x 2,5 mm²) et protégée par un disjoncteur tétra-polaire 16A courbe C (avec un différentiel 30mA type AC Optionnel).

Comptage de l'énergie :

L'entreprise devra la fourniture et la pose de compteurs d'énergie permettant le suivi des consommations électriques des systèmes de chauffage. Ils seront placés sur les départs du TGBT.

L'entreprise devra la fourniture et la pose de compteurs d'énergie permettant le suivi des consommations électriques des équipements d'eau chaude sanitaire. Ils seront installés dans chaque armoire électrique.

Systèmes de sécurité :

Sécurité incendie : Elle est assurée à plusieurs niveaux :

- Une écluse de sécurité homologuée, formant un sas, garantit une protection contre les remontées de fumées et de feu entre les 2 vis d'alimentation, quel que soit sa position.
- A chaque mise en veille ou arrêt normal de la chaudière, un cycle d'arrêt est programmé, qui comprend entre autres la marche arrière de la double vis d'entrée chaudière pendant quelques secondes, afin de créer une séparation physique de quelques cm entre le bois qui est entré dans le foyer et celui qui se trouve dans la vis. Ainsi, la propagation d'un éventuel retour du feu est rendu impossible.
- Une sonde de température de vis d'entrée est fournie de série, qui met la chaudière en défaut au-delà de 50°C (valeur paramétrable),
- En option, un « sprinkler » peut être fourni : ce dispositif contrôle en permanence la température de la vis en sortie de silo. Si celle-ci dépasse la limite de 50°C (échauffement anormal de la vis), une vanne s'ouvre et déverse une quantité d'eau suffisante pour noyer totalement la vis. Cette sécurité ultime est rarement installée, elle ne nécessite pas d'alimentation électrique et pas de réseau d'eau sous pression (réserve de 25 litres d'eau).
- En cas de montée anormale de la température des fumées (initialement programmée à 200°C), la puissance de la chaudière est automatiquement écrêtée à la puissance minimale programmée.

Sécurité anti-surchauffe : Elle est assurée par plusieurs dispositifs en cascade :

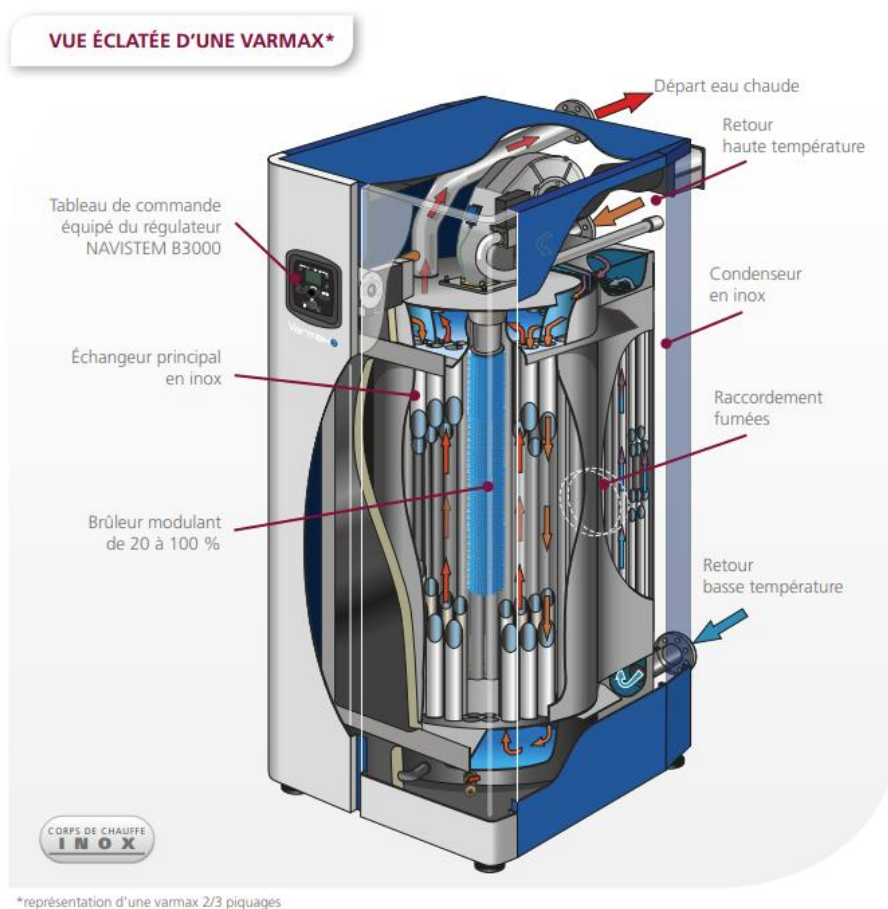
- En cas d'arrêt volontaire du chauffage (mise en position « ARRET »), les circulateurs de chauffage continuent à fonctionner jusqu'à ce que la température de la chaudière redescende en dessous de 40°C (valeur paramétrable).
- Si la température de la chaudière devait dépasser accidentellement 90°C (valeur paramétrable), le(s) circulateur(s) de ballon d'ECS, puis les circulateurs de chauffage et les vannes 3 voies motorisées sont commandés en marche forcée jusqu'au refroidissement de la chaudière, en simulant une température extérieure de -10°C (valeur paramétrable).
- Un thermostat électronique contrôle en permanence la température de la chaudière et ajuste la puissance de la flamme (quantité d'air et de bois variables) en continu. Plus on s'approche de la température maximale programmée (env. 75 à 85°C), plus la puissance de feu baisse, jusqu'à l'arrêt total de la chaudière si nécessaire. Au-delà de 95°C, un thermostat de sécurité à réarmement manuel (réglementaire en France) déclenche l'arrêt immédiat de la combustion et le refroidissement de la chaudière. Cette fonction actionne simultanément avec l'arrêt des vis d'amenée de bois, la mise en position verticale des deux grilles de décendrage et le fonctionnement à 100% de l'extracteur de fumée pour évacuer la chaleur.
- Soupape de décharge thermique permettant de limiter la température de chaudière à 95°C(même en cas de panne d'alimentation électrique) par irrigation du serpentin de sécurité.

Hargassner utilise des extracteurs de fumées EC économiques. Le principal avantage de cette technologie GreenTech EC est le taux de rendement nettement supérieur, allant jusqu'à 90 %. Cela permet d'économiser de

[illegible]

- Pression de service max. 6 bar (testée à 9 bars)

5.3.3.4 Descriptif chaudière Varmax 225



Varmax est une chaudière à condensation fonctionnant au gaz.

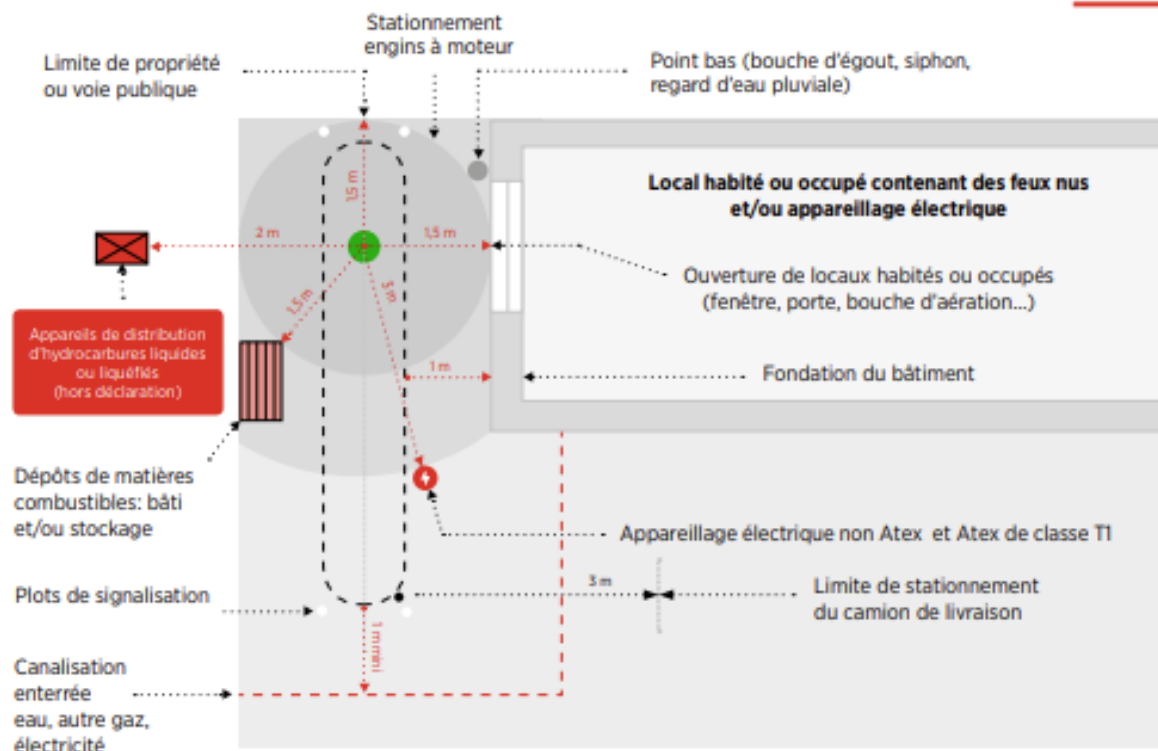
- Foyer en acier inoxydable équipé de raccordement 2, 3 ou 4 piquages
- Brûleur gaz modulant à pré-mélange total (G20/G25), taux de modulation de 20 à 100%
- Interface ergonomique en texte clair
- Régulateur Navistem B3000 intégrant la gestion de cascade
- Clapet anti-retour sur circuit fumée
- Filtre à air (pour raccordement en cheminée B23 ou B23p)
- Sondes température départ et retour chaudière, sonde fumée
- Multi bloc gaz à ratio air/gaz avec régulateur, filtre, pressostat gaz mini
- Contrôle actif de flamme par ionisation
- Pieds de mise à niveau
- Alimentation gaz naturel 20 mbar ou 300 mbar - propane (37 mbar)
- Solution pour élingage

La chaudière propose une puissance utile nominale à régime 80/60°C de 268 kW.

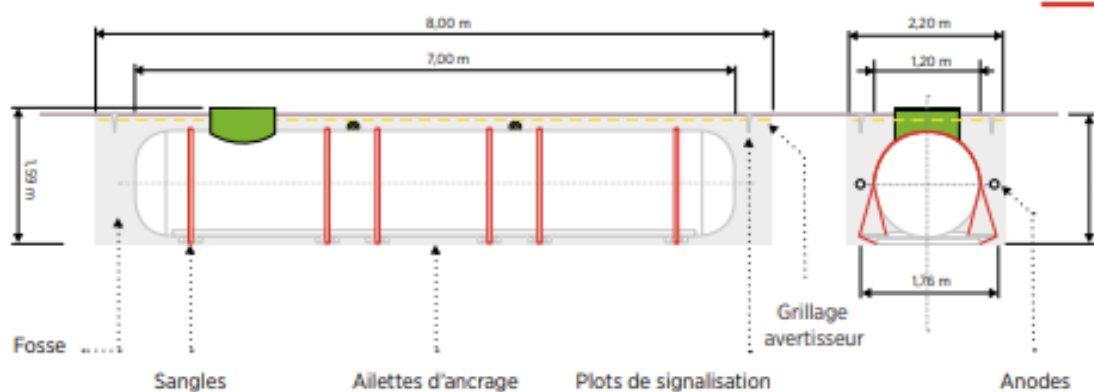
5.3.3.5 Citerne de stockage gaz

Les recommandations concernant la position de la citerne sont présentées ci-après.

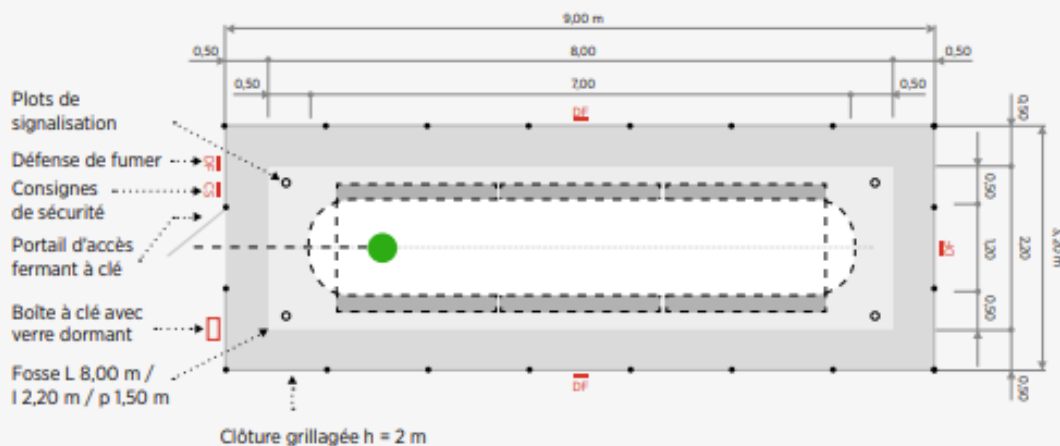
Implantation réglementaire



Fosse



Zone stockage avec clôture



ENVIRONNEMENT

- Clôture grillagée h = 2,00 m, en matériau incombustible, située à 0,50 m minimum des bords de la fosse. Portail d'accès en matériau incombustible, fermant à clé, ouvrant sur l'extérieur et de 0,60 m minimum de largeur.
- Boîte à clé avec verre dormant, panneaux « Défense de Fumer », « Consignes de Sécurité » et « Vanne coupure générale gaz ». Plots de signalisation.



SÉCURITÉ INCENDIE

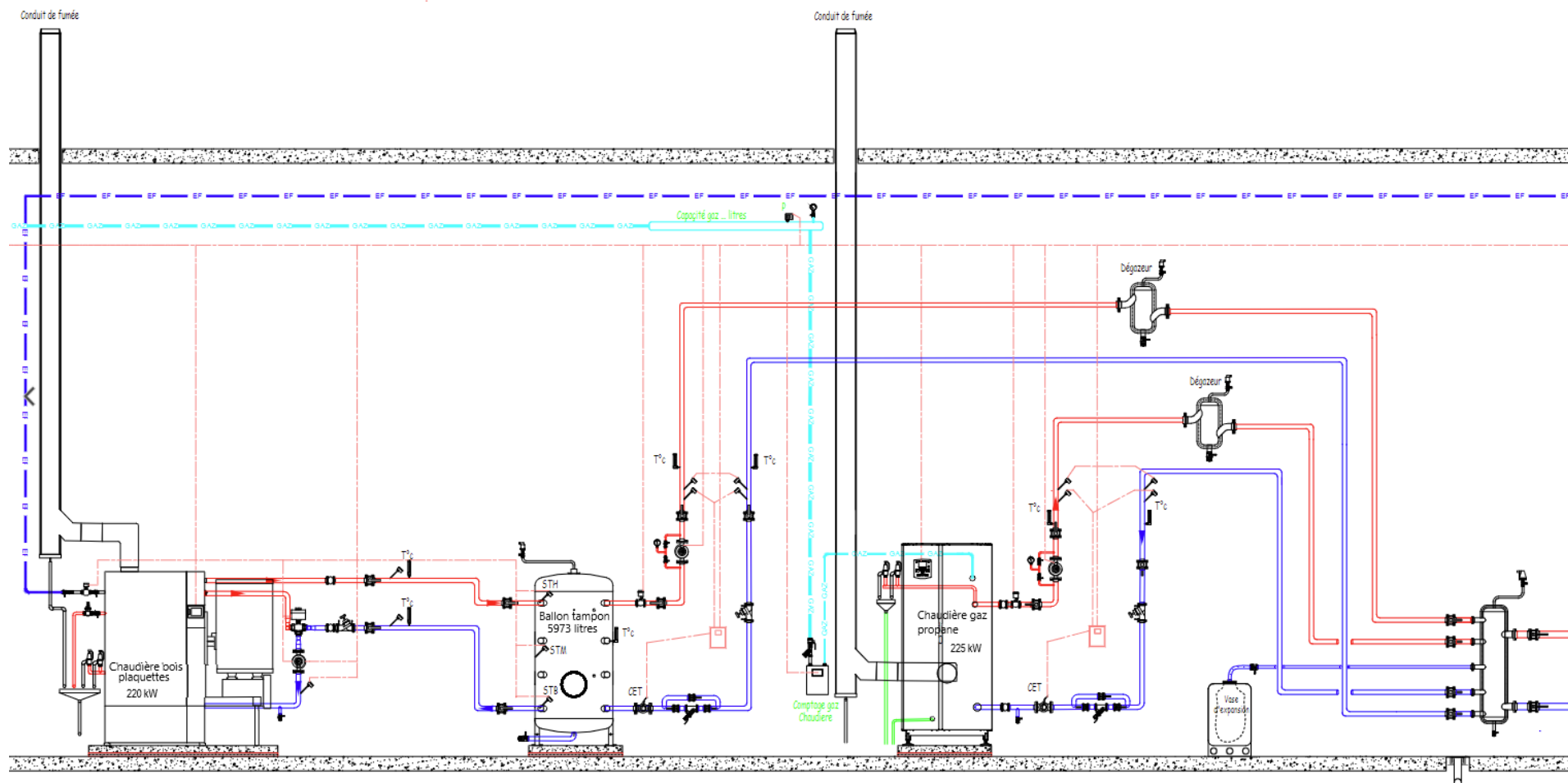
- En l'absence d'un réseau public d'incendie:
- 1 extincteur à poudre NF MIH 55 B - 4 kg mini - placé dans coffret fermant à clé.

5.3.3.6 Implantation citerne de stockage gaz



La citerne sera placée dans le parc côté Nord-Ouest de l'Ehpad.

5.3.3.7 Schéma de principe chaufferie bois plaquettes



5.4 FOURNISSEURS – REFERENCES

5.4.1 Fournisseurs chaudières bois pellet

Les sociétés FROELING, HDG, HERZ, HEIZOMAT et HARGASSNER proposent des chaudières bois pellet, de puissance adaptée au projet de Mansigné.

5.4.2 Fournisseurs chaudières bois plaquettes

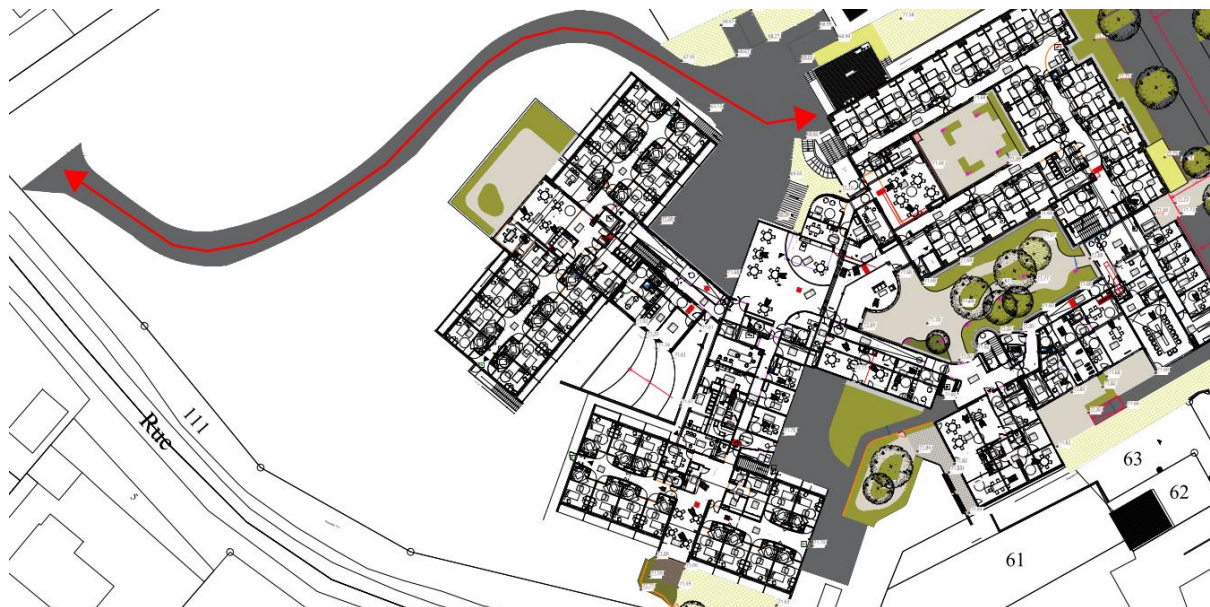
Les sociétés FROELING, HDG, HERZ, HEIZOMAT et HARGASSNER sont toutes des fabricants de chaudières bois plaquettes, de puissance adaptée au projet de Mansigné.

5.5 VOIRIES, RESEAUX, DESSERTE

5.5.1 Solution bois pellet

5.5.1.1 Voie de livraison

Le camion souffleur de livraison empruntera la voie d'accès Nord-Ouest afin d'atteindre la pièce de stockage du bois comme sur le plan ci-dessous :



5.5.1.2 Camion souffleur

Vois précisions au paragraphe 4.2

5.5.2 Solution bois plaquettes

5.5.2.1 Voie de livraison

Le camion souffleur de livraison empruntera la voie d'accès Nord-Ouest afin d'atteindre le silo de stockage du bois plaquettes comme sur le plan ci-dessous :



5.5.2.2 Caisson souffleur

Vois précisions au paragraphe 4.2

5.5.2.3 Silo

Le silo devra être rendu hermétique. Le bois sera projeté sur un mur dur et non friable. Ou prévoir l'installation d'une plaque.



5.5.2.4 Trappe de visite

Du fait de l'étanchéification du silo, il est important de conserver un moyen d'accès par une trappe de visite. Attention de bien placer cette trappe sur le silo, plutôt sur la partie haute du silo.

5.5.2.5 Raccords de branchement



Raccords de type Ferrari.

5.5.2.6 Installation des raccords sur le silo

- Aux deux extrémités du silo pour optimiser le remplissage en inversant les tuyaux en cours de livraison.
- Hauteur maximum des raccords : 1,5 m (pour faciliter le raccordement)
- Raccords distants de 10 cm minimum du mur pour faciliter le raccordement



5.6 REALISATION

5.6.1 Planification des travaux

Les prestations comprendront :

- La dépose des matériels et réseaux n'ayant plus d'utilité,
- La création d'une chaufferie neuve dans l'extension,
- La création d'une sous-station dans le bâtiment existant en remplacement de la chaufferie existante,
- Le chauffage statique des locaux par des radiateurs acier à eau chaude,

5.6.2 Solution bois pellet

La surface de la chaufferie est estimée à 68 m² afin d'implanter :

- 2 chaudières bois pellet de 220 kW
- La zone ECS (ballon tampon et échangeur)

La surface de la zone technique pour les 2 silos de stockage est de 35m².

5.6.3 Solution bois plaquettes

La surface de la chaufferie est estimée à 85 m² afin d'implanter :

- 1 chaudière gaz de 225 kW
- 1 chaudière bois plaquettes de 220 kW
- La zone ECS (ballon tampon et échangeur)

Les dimensions intérieures du silo sont : 6m x 6m x 3 m 50 ht.

6. ETUDE ECONOMIQUE ET FINANCIERE

6.1 RECAPITULATION DES INVESTISSEMENTS

Le tableau ci-dessous indique les coûts de travaux estimés pour la solution de référence :

Désignation des travaux	Unit.	Quant.	Prix Unit. HT	TOTAL HT
Solution gaz propane				
Installation de 2 chaudières gaz propane d'une puissance unitaire de 225 kW	ens	2	26 780 €	53 560 €
Réseau gaz	m	50	103 €	5 150€
Fumisteries (avec carneau)	ml	12	893 €	10 716 €
Ventilation Haute (VH)	ml	12	412 €	4 944 €
Panoplies hydrauliques	ens			9 270 €
Génie civil chaufferie, terrassement, escaliers, métallerie	m²	50	2 340 €	117 000 €
Voirie	m²	400	90 €	36 000 €
Espaces verts	m²	145	20 €	2 900 €
Sous total				239 540 €
TVA				47 908 €
Total TTC				287 448 €

Le tableau ci-dessous indique les coûts de travaux estimés pour la solution bois pellet :

Désignation des travaux	Unit.	Quant.	Prix Unit. HT	TOTAL HT
Solution bois pellet				
Installation de 2 chaudières bois pellet de 220 kW ECO PK220	ens	2	68 648 €	137 296 €
Ballons tampons de 5003 litres	ens	2	8 580 €	17 160 €
Silos de stockage GWT-MAX-XL	ens	2	4 840 €	9 680 €
Fumisteries (avec carneau)	ml	12	893 €	10 716 €
Ventilation Haute (VH)	ml	12	412 €	4 944 €
Panoplies hydrauliques	ens		9 270 €	9 270 €
Génie civil chaufferie + local silos, terrassement, escaliers, métallerie	m²	68 + 35	2 235 €	230 205 €
Voirie	m²	450	90 €	40 500 €
Espaces verts	m²	145	20 €	2 900 €
Sous total				462 671 €
TVA				92 534 €
Total TTC				555 205 €

Le tableau ci-dessous indique les coûts de travaux estimés pour la solution bois plaquettes :

Désignation des travaux	Unit.	Quant.	Prix Unit. HT	TOTAL HT
Solution bois plaquettes / gaz				
Installation d'une chaudière bois plaquettes de 220 kW ECO HK250 et d'un ballon tampon	ens	1	113 014 €	113 014 €
Ballon tampon de 5973 litres	ens	1	12 309 €	12 309 €
Installation d'une chaudière gaz propane Varmax 225	ens	1	26 780 €	26 780 €
Coût génie civil lié à la construction du silo extérieur aérien, terrassement, métallerie	m²	36	1 148 €	41 328 €
Réseau gaz	m	50	103 €	5 150 €
Fumisteries (sans carneau)	ml	13	824 €	10 712 €
Ventilation Haute (VH)	ml	13	412 €	5 356 €
Panoplies hydrauliques	ens			9 270 €
Génie civil chaufferie, terrassement, escaliers, métallerie	m²	85	2 330 €	198 050 €
Voirie	m²	450	90 €	40 500 €
Espaces verts	m²	145	20 €	2 900 €
Sous total				465 369 €
TVA				93 074 €
Total TTC				558 443 €

6.2 EXPLOITATION PREVISIONNELLE DE LA CHAUFFERIE

6.2.1 Déterminer les consommations (P1)

6.2.1.1 Cout des énergies

Concernant l'électricité et le propane, les tarifs retenus sont issus des bases de données Dido et Eurostat, <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/donnees-mensuelles-de-lenergie>

Concernant le bois, les tarifs retenus sont ceux des fournisseurs à proximité du site.

6.2.1.2 Tarif Bois pellet

Le tarif est de 480 € / tonne TTC (suivant valeur 06/2023, prix à la tonne pour une livraison par camion souffleur) soit 0.1 € TTC/kWh TTC (avec 1 kWh = 1/4800 tonnes de granulés bois).

6.2.1.3 Tarif Bois plaquettes

Le tarif est de Le tarif est de 192.5 € / tonne TTC (suivant valeur 06/2023, pour une livraison par camion souffleur, soit 0.0535 € TTC/kWh (avec 1 kWh = 1/3600 tonnes de plaquettes bois).

6.2.1.4 Tarif Gaz propane

Le tarif est de 0,1606 € TTC/kWh (avec 1 tonne= 12780 kWh PCI) déc-22 pour du propane.

Pour information, une offre de prix d'un fournisseur à 0,085 €/ kWh TTC est jointe en annexe, prix bloqué pour les 24 premiers mois, puis renégociable ensuite (1068 € TTC par tonne pendant 2 ans, auquel il faut ajouter un abonnement annuel de 210 € TTC).

6.2.1.5 Tarif Electricité

Le tarif est de 0,1766 €/kWh TTC (suivant valeur déc-22) pour la tranche IB (conso annuelle de 0.02 à 0.5 GWh), usage industriel, y compris abonnement, cf. 0,1471 €/kWh HT.

6.2.1.6 Consommations P1

Les consommations de bois et gaz sont issues de la simulation énergétique dynamique, elles sont présentées au paragraphe [3.3.2.6](#) - Consommations énergétiques prévisionnelles.

Concernant les consommations électriques, les hypothèses pour le calcul du surcout électrique des solutions bois par rapport à la solution de référence gaz, sont les suivantes:

1) Variante 01 : Bois pellet :

Puissance moteur d'extraction de silo et transfert : 3 kW (2 moteurs)

Temps de fonctionnement chaudière bois : 3000 h

Soit une consommation de 18 000 kWh.

2) Variante 02 : Bois plaquettes :

Puissance moteur d'extraction de silo et transfert : 5 kW (2 moteur)

Temps de fonctionnement chaudière bois : 3000 h

Soit une consommation de 30 000 kWh.

Les consommations sont calculées à partir d'une Simulation Energétique Dynamique. Pour chacune des solutions, les résultats sont différents, en particulier à cause d'un rendement de combustion différent pour chaque type de chaudière.

6.2.2 Estimation des frais de conduite et petits entretiens (P2)

Entretien courant :

- Vérification et nettoyage du carneau de fumées
- Décendrage complet du foyer
- Vidage du cendrier
- Contrôle visuel de l'installation et réglages
- Contrôle du niveau de bois dans le silo

Entretien annuel :

- Nettoyage du foyer
- Nettoyage de l'échangeur
- Nettoyage de l'extracteur de fumée
- Nettoyage du ventilateur d'arrivée d'air
- Nettoyage de la turbine et filtre aspiration granulés
- Nettoyage allumeur
- Nettoyage et calibrage de la sonde lambda
- Nettoyage tuyaux de fumée

- Graissage
- Relevé et consignation des compteurs

6.2.3 Estimation des frais de gros entretiens et réparation (P3)

Les frais de gros entretien et de réparation comprennent :

- Carte électrique
- Sonde température PT 1000
- Régulateur de dépression

6.2.4 Tableaux récapitulatifs (P1+P2+P3)

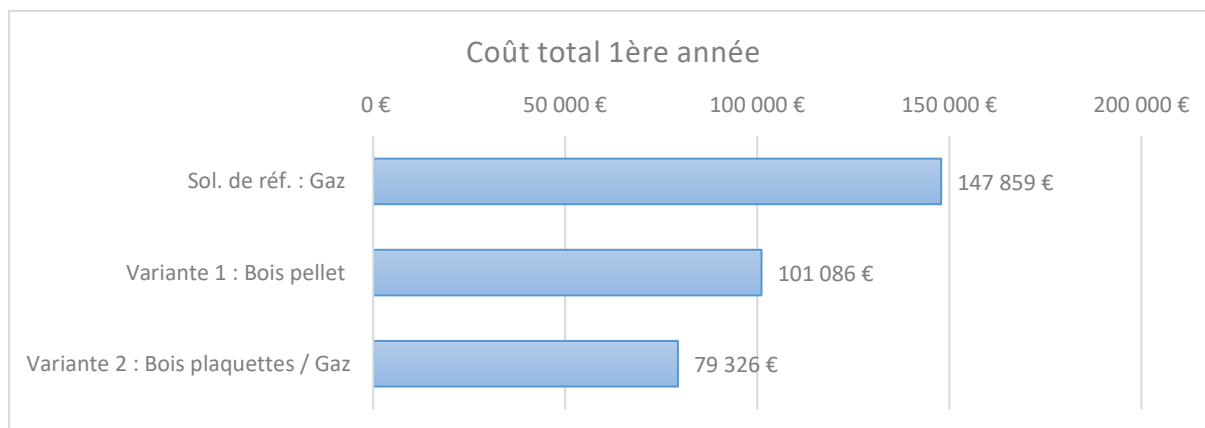
Ci-après les tableaux récapitulatifs des frais 1^{ère} année pour les 3 solutions.

Solution gaz	Gaz propane	Electricité	Entretien	Gros entretien	Total
Conso kWh ef	911 326	/	/	/	
Abonnement	/	/	/	/	
Coût kWh (€ TTC / kWh)	0,1606	0,176	/	/	
Montant final	146 359 €	0 €	1 200 €	300 €	147 859 €

Var 1 : bois pellet	Bois pellet	Electricité	Entretien	Gros entretien	Total
Conso kWh ef	930 073	18 000	/	/	
Abonnement	/	/	/	/	
Coût kWh (€ TTC / kWh)	0,10	0,176	/	/	
Montant final	93 018 €	3 168 €	3 100 €	1 800 €	101 086 €

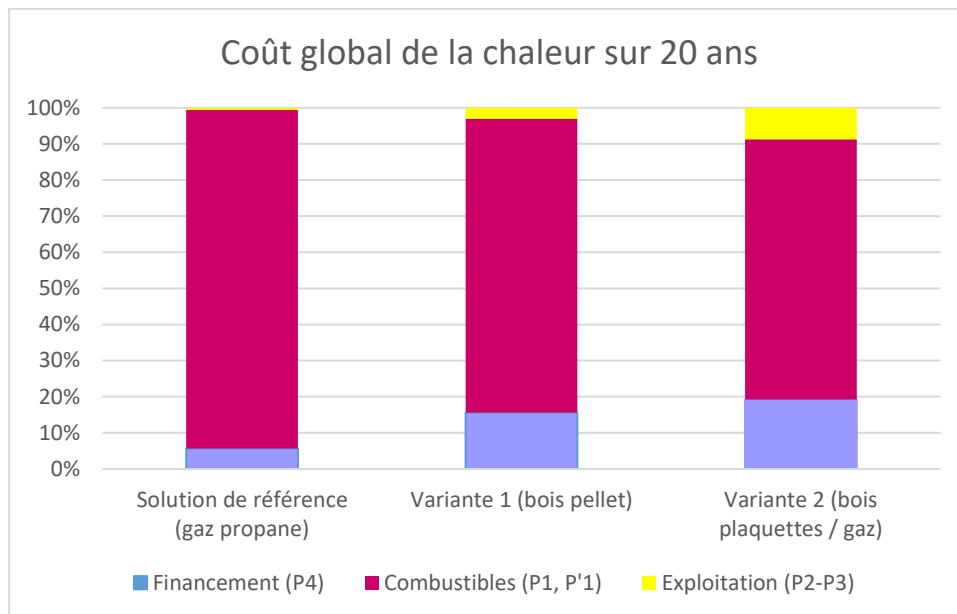
Var 2 : bois plaquettes / gaz	Bois plaquettes	Gaz propane	Electricité	Entretien	Gros entretien	Total
Conso kWh ef	801 704	122 583	30 000	/	/	
Coût kWh (€ TTC / kWh)	0,0535	0,1606	0,176	/	/	
Montant final	42 891 €	19 687 €	5 298 €	8 400 €	3 050 €	79 326 €

Ci-après ces résultats présentés sous forme de graphique.



6.3 ASPECTS ECONOMIQUES

6.3.1 Détermination du coût global de la chaleur

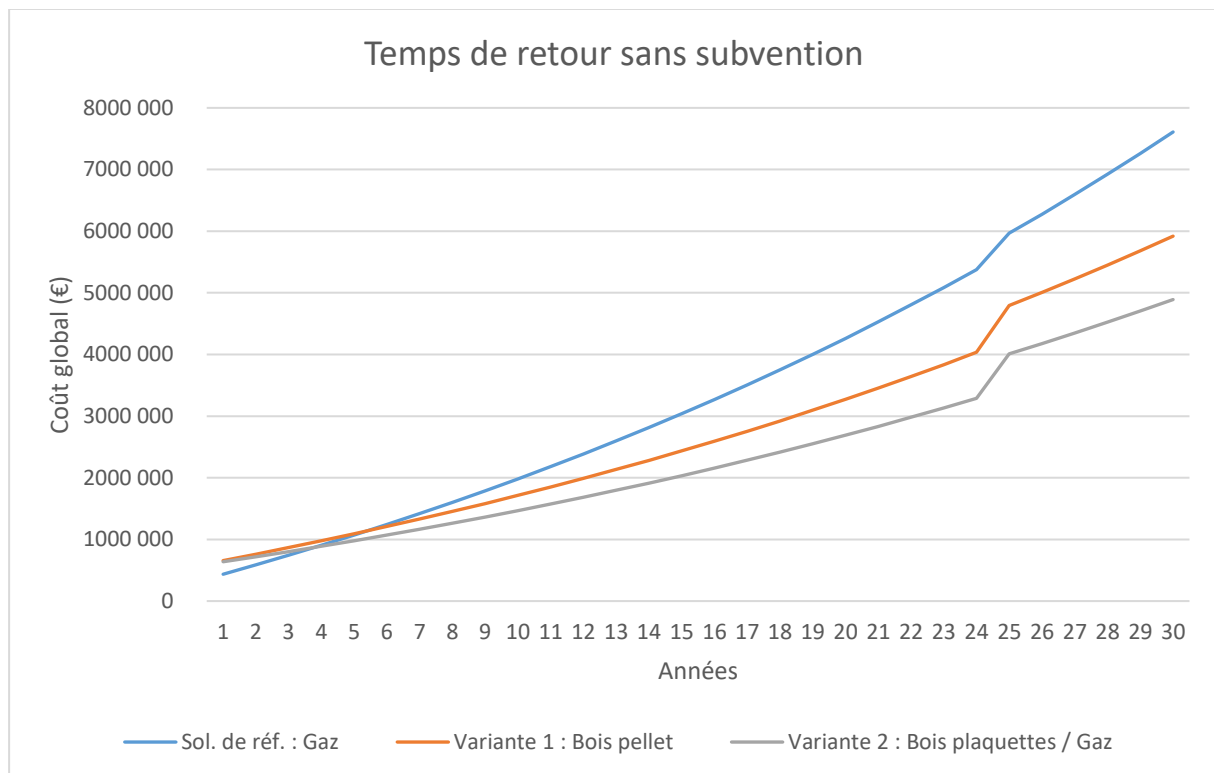


6.3.2 Temps de retour sur investissement

Pour comparer la solution bois avec la solution de référence, plusieurs hypothèses sont prises en compte :

- Les consommations restent inchangées
- Le cout des énergies gaz et bois augmente de 3% par an
- Les frais de maintenance n'augmentent pas
- Remplacement des chaudières après 25 ans

Le graphique ci-dessous montre le cout global par solution et par an.

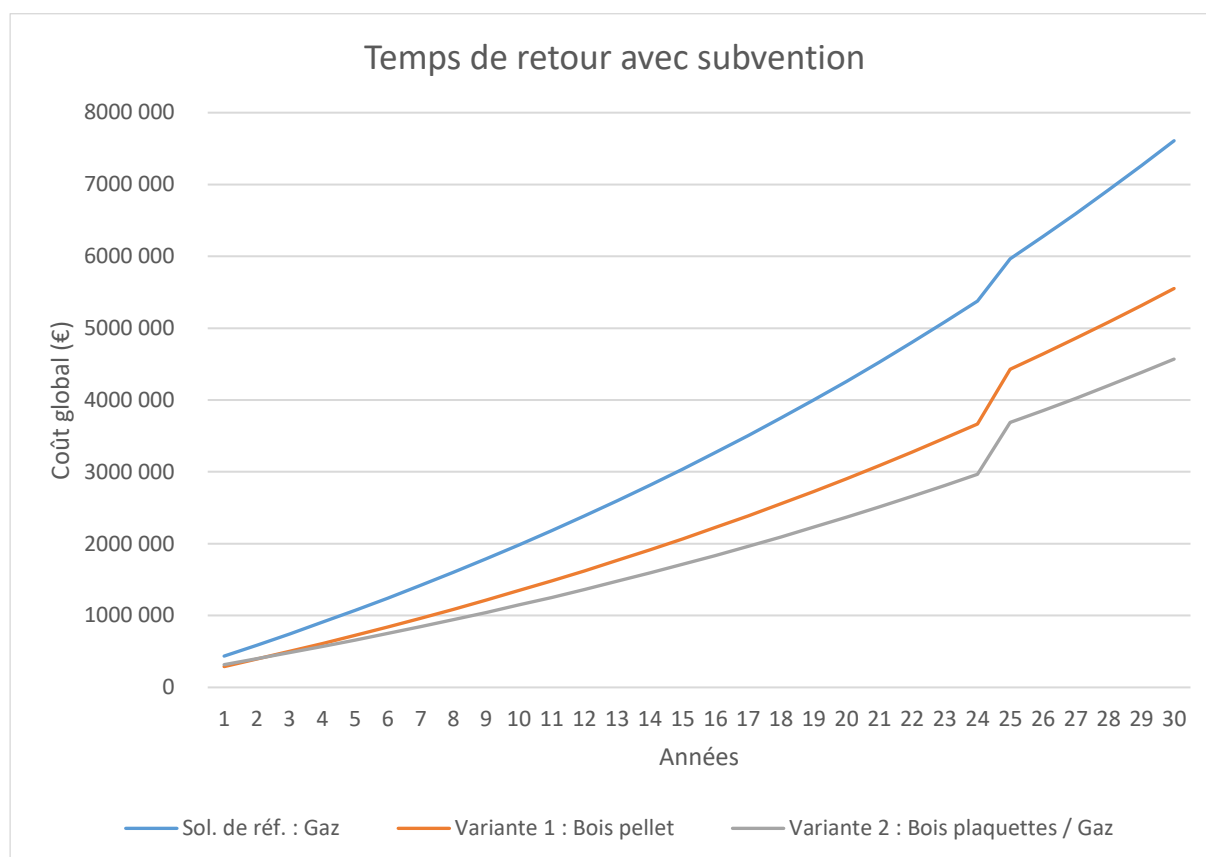


Sans prise en compte d'aides éventuelles, la solution bois pellet est amortie au bout de 4 ans par rapport à la solution gaz. Cela s'explique par des charges annuelles importantes pour le gaz. Il est à noter que le tarif gaz retenu pour l'étude est supérieur à l'offre de prix reçue.

La solution bois plaquettes/gaz est amortie dès la deuxième année de fonctionnement, grâce à un cout du bois plaquettes largement inférieur à celui du gaz et du pellet.

Le pic à 25 ans pour la solution bois correspond au remplacement des chaudières.

Le graphique suivant prend en compte les aides financières du dispositif « Contrat de chaleur renouvelable » pour les solutions bois.



Le graphe montre qu'en tenant compte des aides financières, les solutions bois sont tout de suite plus économique que la solution gaz.

6.4 PLAN DE FINANCEMENT PROPOSE

6.4.1 Informations concernant les subventions

Les informations et valeurs ci-après sont données à *titre indicatif*, elles pourraient évoluer. La demande de subvention doit être faite par la MOA auprès de l'ADEME, qui est l'organisme susceptible d'accorder des aides.

La présente étude doit être fournie à l'ADEME, afin de pouvoir bénéficier de subvention.

6.4.1.1 Installation biomasse énergie – 2023

L'installation ayant une production inférieure à 12 000 MWh/an d'énergie biomasse sortie chaudière, elle ne peut pas bénéficier de cette aide. Néanmoins, elle est éligible dans le cadre des Contrats Chaleur Renouvelable.

6.4.1.2 Contrat Chaleur Renouvelable patrimonial ou territorial – 2023

Une aide à la production « chaufferie bois » pourrait être obtenue pour les variantes 1 et 2.

Le détail du calcul de la production de chaleur pour chaque solution bois, est présenté ci-après.

	Conso Bois Entrée chaudière MWh	Production chaleur Sortie de chaudière MWh	Rendement charge nominale	Rendement charge partielle	Rendement moyen
Var 1 : Chauffage bois pellet	930,1	873,8	94,2%	93,7%	93,95%
Var 2 : Chauffage bois plaquettes	801,7	765,2	94,1%	96,8%	95,45%

Le montant de l'aide est calculé suivant la formule suivante :

- Variante 1 : Chauffage bois pellet : (873,8 MWh x 21 € x 20 ans), soit 366 996 euros
- Variante 2 : Chauffage bois plaquettes / gaz : (765,2 MWh x 21 € x 20 ans), soit 321 384 euros

Ces deux montants pourront être demandés car ils sont inférieurs au plafond fixé par l'ADEME qui est de 80% du montant de l'investissement en € HT :

- Variante 1 : Chauffage bois pellet : 80 % de 462 671 € soit 370 137 euros
- Variante 2 : Chauffage bois plaquettes / gaz : 80 % de 465 369 € soit 372 295 euros

Le montant de cette aide est versé en 2 étapes :

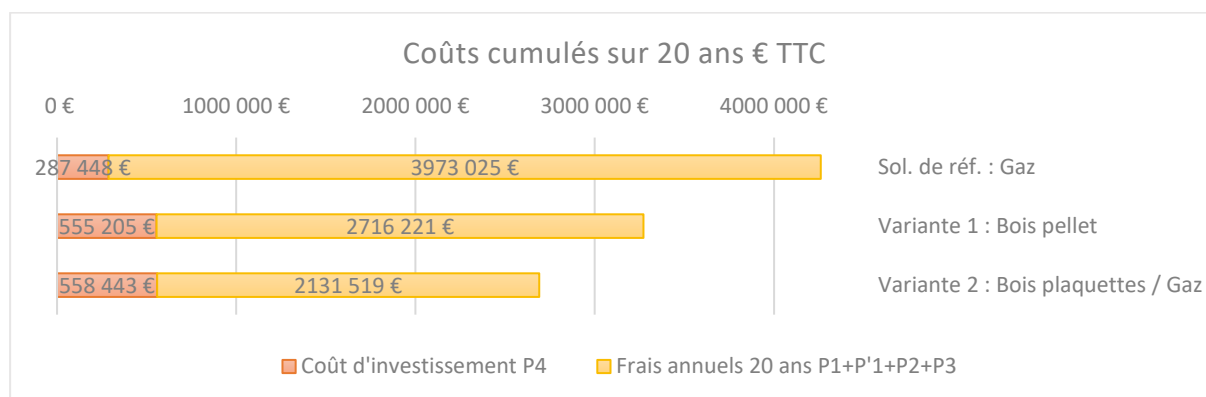
- 80% à réception de la chaufferie
- 20% après un an de fonctionnement de l'installation, permettant de connaître la valeur de production de chaleur réelle (issue du comptage d'énergie en chaufferie), et d'ainsi confirmer sa bonne estimation lors des études.

6.5 SYNTHÈSE ÉCONOMIQUE

Le tableau ci-après donne la synthèse économique des différentes solutions.

6.5.1 Coûts cumulés sur 20 ans

Solution	Coût d'investissement P4	Frais annuels 20 ans P1+P'1+P2+P3
Sol. de réf. : Gaz	287 448 €	3 973 025 €
Variante 1 : Bois pellet	555 205 €	2 716 221 €
Variante 2 : Bois plaquettes / Gaz	558 443 €	2 131 519 €



On constate que les frais annuels représentent une grande partie des coûts, ce qui explique l'intérêt d'avoir recours à une énergie à faible coût comme le bois.

7. EVALUATION DES IMPACTS

7.1 PERFORMANCE ENVIRONNEMENTALE – IMPACT CARBONE

Le calcul des tonnes de CO₂ évitées est réalisé via la formule ci-dessous :

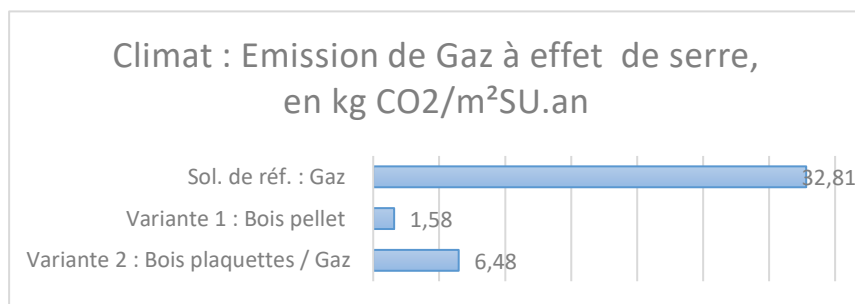
Ci-après les valeurs d’empreinte carbone retenues, suivant Base-empreinte.ademe.fr (valeurs génériques 06-2023).

Combustible	gCO ₂ /kWh
Propane	272
Bois granulé	11.3
Bois plaquettes	16.4
Electricité	81.3

Ci-après l’impact carbone de chaque solution, pour une année.

Emission de Gaz à effet de serre, en kg CO ₂ /m ² SU.an	Site
Réf : Gaz	32,81
Variante 1 : Bois pellet	1,58
Variante 2 : Bois plaquettes / Gaz	6,48

Ces résultats sont donnés sous forme de graphique, ci-après.



Solution bois pellet

Tonnes de CO₂ évitées / an = 236 tonnes de CO₂ évitées par rapport à la solution de référence gaz.

Solution bois plaquettes/gaz

Tonnes de CO₂ évitées / an = 199 tonnes de CO₂ évitées par rapport à la solution de référence gaz.

7.2 ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX

Le projet est-il situé dans une zone où se trouve un Plan de Protection de l'Atmosphère (annexe 2)?	non
Le projet est-il situé dans une zone ou un dépassement de valeur limite PM 10 ou PM 2,5 dans l'air ambiant a été observé au cours des 3 dernières années ?	non
Le projet est-il situé dans une zone ou un dépassement de valeur limite NOx dans l'air ambiant a été observé au cours des 3 dernières années ?	non

7.3 CONCLUSION

Les tableaux de synthèse des solutions montrent que :

- Quelle que soit la solution, une part importante des frais annuels du bâtiment sont liés aux consommations pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire. Il y a donc un réel intérêt à investir dans des équipements de chauffage plus économes en énergie que les chaudières fioul actuelles, pour limiter les frais annuels. Il sera également utile de limiter les consommations, en particulier sur le bâtiment existant.
- La solution de base « Chaufferie tout gaz » a le coût global actualisé sur 20 ans le plus élevé. De plus, compte tenu du manque de visibilité sur le prix de l'énergie gaz, ce gain ne peut être garanti. Cette étude prend l'hypothèse d'un tarif du gaz à 0.16 € TTC/kWh et d'une augmentation de 3% par an. Du point de vue du climat, elle génère environ 15 fois plus d'émissions de gaz à effet de serre que la solution bois pellet.
- La variante n°1 « chaufferie bois pellet » a un coût global actualisé sur 20 ans compris entre les deux autres solutions. Les coûts annuels de fournitures sont plus élevés que le bois plaquettes mais elle nécessite moins de livraisons en raison du potentiel de chaleur élevé du pellet et de sa masse volumique moins importante. De plus, les chaudières nécessitent moins d'entretien que les chaudières bois plaquettes. Du point de l'environnement, c'est la solution qui émet le moins de CO2.
- La variante n°2 « chaufferie bois plaquettes / gaz » a le coût global actualisé sur 20 ans le plus faible. Néanmoins, compte tenu du manque de visibilité sur le prix de l'énergie gaz, ce gain ne peut être garanti malgré la faible part des consommations gaz dans cette solution. Le coût du bois plaquettes est de loin le moins élevé, cependant il est nécessaire d'assurer environ 41 livraisons contre 22 à l'année pour le bois pellet. Pour chaque livraison, il est nécessaire d'avoir la présence d'un agent de maintenance et la livraison peut générer des nuisances sonores. Du point de vue de l'environnement, la solution bois plaquettes / gaz émet légèrement plus de CO2 que la solution bois pellet mais nettement moins que la solution gaz.

L'évolution des tarifs des énergies dans les années à venir sera très impactant sur l'aspect financier des solutions. En considérant que l'évolution du tarif du bois sera moins aléatoire que celle du gaz, ce sont les solutions bois qui paraissent les plus intéressantes.

Les valeurs de subvention sont données à titre indicatif, sous réserve de vérification et d'attribution par l'ADEME.

ANNEXES

Offres de prix Propane

Offre de prix Propane, de M. Bréhier (Primagaz) du 12/06/2023 - Fixe : 0970 808 708 - Mob : 06 80 34 48 63 - Mail : mbrehier@primagaz.fr

Pour des besoins annuels gaz estimés à 60 MWh, soit une consommation annuelle d'environ 43 Tonnes.

- Mise à disposition d'une citerne enterrée de 3,2 Tonnes.
- Mise en place de la citerne à 1 € HT, déblaiement, pose et remblaiement pris en charge par notre prestataire.
- Livraison automatique et régulière
- Délai de mise en place de 1 mois à compter de la date de création du contrat.
- Tarif de la location annuelle du réservoir : 175 € HT, ce montant comprend l'inspection périodique de la citerne par un technicien PRIMAGAZ qui à lieu tous les 40 mois.
- Tarif du gaz : 823,70 € HT + taxe TICPE de 66,30 € HT soit 890 € HT la tonne.
- Ce tarif est garanti pendant une durée de 24 mois à compter de la date du premier plein de la citerne.

Offre de prix n°1 Bois pellet

Offre de prix de Mme Lemarchand (Allium énergies) du 13/06/2023 - Fixe : 02.43.95.02.68 - Mob : 06.99.90.13.31

PRIX : 468,00 €/T TTC livrée pour un camion complet de 13T500 et révisable selon fluctuations économiques.

DELAI : Sous 7 à 10 jours après réception de votre commande, selon notre planning logistique.

LIVRAISON : Par camion souffleur peseur, équipé d'un tuyau souple de 20m et de raccords pompiers d'un diamètre 80 ou 100mm

GRANULES



Camion souffleur - peseur, livraison au kilo près.



Certification	DIN Plus+
Origine du bois	100 % Bois vierge* Forêt Française 100% Résineux
PCI sur Brut	4,9 à 5,3 Wh.kg-1
Taux de fine	≤ 0,5% en sac ≤ 1 % en vrac
Taux de cendre à 550°	≤ 0,5 %
Humidité	≤ 8 %
Longueur	3,15 mm à 40 mm
Diamètre	6 mm ±1
Qualité	Premium
Contrôle laboratoire	CERIC
Application	Poêle à granulés
Poids du sac	15 kg
Palette	100x120x175

Bois vierge* : Bois 100% non traité en amont, sciure de bois naturelle.

Offre de prix n°2 Bois pellet

Offre de prix de Mr Houdayer (Société Jean Houdayer) du 03/07/2023 – Fixe : 02.43.42.88.88

PRIX : 480,00 €/T TTC livrée pour un camion complet de 10T et révisable selon fluctuations économiques.

LIVRAISON : Par camion souffleur peseur, équipé d'un tuyau souple de 50m et de raccords pompiers d'un diamètre 80 ou 100mm



PELLETS

UNE TECHNOLOGIE EXCLUSIVE
PIVETEAU BOIS
ÉNERGIE

Fabriquée en
FRANCE



LA HAUTE PERFORMANCE THERMIQUE GRANULÉS DE BOIS 100% RÉSINEUX FRANÇAIS

Caractéristiques	Unités	Pellets PIVETEAU	Norme DIN plus
Diamètre	mm	6	4 à 10
Longueur	mm	15 < L < 35	3,15 < L < 45
Densité réelle	kg/dm³	1,22	> 1,12
Masse volumique	kg/dm³	670	650 < nv < 740
Taux d'humidité	%	6,2	< 10
Durabilité	%	98,5	> 97,7
Taux de cendre	%	< 0,3	< 0,7
Pouvoir calorifique	MJ/kg	19,26	> 18
	kWh/kg	5	min 4,9 à 5,4
Soufre	%	0,03	< 0,04
Azote	%	0,05	< 0,3
Chlore	%	0,005	< 0,02
Quantité de fines	%	≤ 0,3	≤ 0,5
Adjuvants	%	0	< 2,0

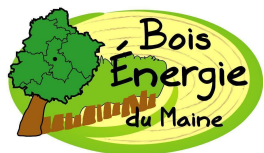
Les granulés sont fabriqués à partir de coproduits (sciures et copeaux) issus de la transformation de résineux dans nos scieries. Ces copeaux et sciures sont simplement séchés, broyés et comprimés directement sur les mêmes sites de production réduisant le transport. La compression des granulés est réalisée sans aucun additif, seuls les composants du bois servent de liant naturel.

Nos pellets sont de qualité supérieure, grâce au nouveau procédé de séchage à basse température (80°C), où le bois conserve un pouvoir calorifique maximum et sa pureté d'origine. Il vous garantit un pellet à 8% d'humidité maximum et un taux de cendre inférieur à 0,3%, paramètres important à vérifier lors de vos comparaisons de prix : cette hygrométrie garantit un pouvoir calorifique de 5,0 kWh/kg minimum.

Emploi :
Tenir hors de portée des enfants. Ne pas avaler.
Les pellets sont fabriqués à 100 % à partir de sciures de bois. Ils ne présentent donc aucun risque lors d'une utilisation normale.
Lors du remplissage de votre appareil de chauffage, versez lentement pour éviter la formation de poussière.
À utiliser uniquement dans un appareil de chauffage à granulés adapté.

Offres de prix bois plaquettes

Suivant document page suivante.



Notre offre technique et économique EHPAD – Mansigné

Date : 16/06/2023

Porteur du projet et interlocuteur

La SICA Bois Energie du Maine est représentée par un Conseil d'administration composé de 5 producteurs de bois énergie dans 4 agriculteurs et 1 élagueur. Cette structure coopérative commercialise à ce jour plus de 12 500 tonnes de plaquettes bois dont 4 500 à destination de petites et moyennes chaufferies (30 à 400 kW) et 11 000 pour des chaufferies industrielles et réseau de chaleur.

Nature du produit

Le combustible sera de la plaquette bocagère et forestière d'origine agricole (référentiel ADEME – FCBA : 2008–PF-1B).

Ce bois sera issu de la gestion durable du bocage, de la forêt et des zones ripisylves, constitué exclusivement de feuillus et provenant exclusivement du département de la Sarthe.

Ce produit aura les caractéristiques suivantes :

- **Granulométrie:** P31S F05 (norme NF EN 14961) ; produit criblé 10 / 40
- **Taux de fines (éléments < à 3.15 mm) :** < 5% (en masse)
- **Taux d'humidité :** Cible à 25 % sur masse brute et comprise entre 20 et 30%
- **PCI de référence à 25 % :** 3,655 MWh/tonne
- **Taux de cendres :** < 2% de la masse sèche
- **Densité moyenne :** 233 kg/m³

Mode de livraison :

Les livraisons seront assurées par camion porteur avec caisson soufflerie. Livraison par volume de 30 m³ pour un poids moyen de 7 tonnes.

Volumes annuels :

La présente offre porte sur quantité annuelle de **185 tonnes** de plaquettes bois (680 MWh avec un PCI à 3.655 MWh/to) réparties sur la période de chauffe de septembre à mai.

Origine géographique de la matière livrée

La SICA Bois Energie du Maine mobilise la matière et organise ses chantiers exclusivement sur le département de la Sarthe.

Nous disposons de trois plateformes de stockage avec hangars. Nous sommes ainsi en capacité de fournir plus de 10 000 tonnes de plaquettes sèches et/ou ressuyées.

Traçabilité de la matière livrée

Pour l'ensemble des chantiers réalisés auprès de nos fournisseurs, nous sommes en mesure de pouvoir certifier l'origine aussi bien sur le type de matière (bocagère, forestière ou ripisylve) que sur la zone géographique.

Nous disposons d'un document de suivi par chantier qui mentionne : le propriétaire, le lieu, le type de chantier, la typologie des haies et les essences qui les composent et le mode d'exploitation.

Notre structure est référencée comme fournisseur CBQ+ (<https://chaleur-bois-qualite-plus.fr/annuaire>) depuis 2022.



Prix du produit

Le prix du produit est fixé à **175 € HT / tonne** livrée chaufferie soit 192,50 € TTC / tonne.

Equivalence : 47,87 € HT / MWh (PCI 3.655)