

# RAPPORT

## ETUDE DE FAISABILITE D'UN RESEAU DE CHALEUR

---

### PHASE 2

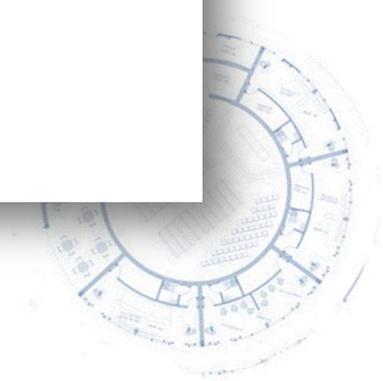
### Etude de faisabilité de réseaux de chaleur

DÉPARTEMENT D'ILLE & VILAINE

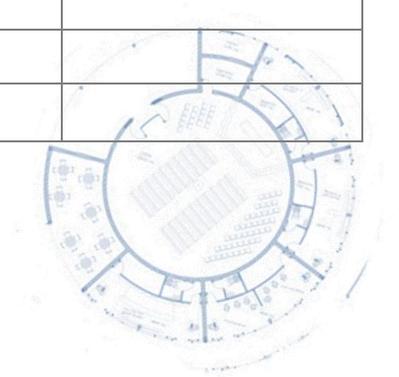


---  
**NOVEMBRE 2015**

Version 1



<i>Date</i>	<i>Version</i>	<i>Rédaction</i>	<i>Validation</i>
26/11/2015	1	M. Douté	O. Guillemot



## SOMMAIRE

<b>SOMMAIRE</b> .....	<b>3</b>
<b>LEXIQUE</b> .....	<b>5</b>
<b>INTRODUCTION A L'ETUDE</b> .....	<b>6</b>
<b>I. PRESENTATION DES BATIMENTS CONCERNES</b> .....	<b>7</b>
I.1. EHPAD MAISON DE LA VALLEE VERTE .....	8
I.2. LES PONTHENES .....	11
I.3. GROUPE SCOLAIRE.....	14
<b>II. SYNTHESES DES BESOINS THERMIQUES DES USAGERS</b> .....	<b>18</b>
II.1. PUISSANCE INSTALLEE .....	18
II.2. DEPERDITIONS .....	18
II.3. BESOINS THERMIQUES .....	19
<b>III. DEFINITION DES SCENARIOS</b> .....	<b>21</b>
<b>IV. ETUDES TECHNIQUES</b> .....	<b>22</b>
IV.1. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DES CHAUDIERES BOIS .....	22
IV.2. IMPLANTATION DE LA CHAUFFERIE .....	23
IV.1. PUISSANCES SOUSCRITES .....	25
IV.2. DIMENSIONNEMENT DES EQUIPEMENTS .....	26
IV.3. RESEAU DE CHALEUR .....	29
IV.4. CONSOMMATION PREVISIONNELLE DE COMBUSTIBLE .....	33
<b>V. RESSOURCE EN BOIS</b> .....	<b>36</b>
<b>VI. HYPOTHESES ECONOMIQUES COMMUNES, RAPPELS SUR LES COUTS D'EXPLOITATION.</b> .....	<b>37</b>
VI.1. MODALITES D'EMPRUNT.....	37
VI.2. SUBVENTIONS .....	37
VI.1. REGIMES DE TVA A PRENDRE EN COMPTE .....	38
VI.2. PRIX DES ENERGIES .....	39
VI.3. RAPPEL SUR LES COUTS D'EXPLOITATION .....	41
<b>VII. APPROCHE JURIDIQUE</b> .....	<b>43</b>
VII.1. NOTION JURIDIQUE DE RESEAU DE CHALEUR .....	43
VII.2. SERVICE PUBLIC DE DISTRIBUTION D'ENERGIE CALORIFIQUE.....	43
VII.3. MODES DE GESTION DU SERVICE PUBLIC .....	43
<b>VIII. ETUDE ECONOMIQUE DES SCENARIOS</b> .....	<b>45</b>
VIII.1. TRAVAUX PREVUS SUR LES BATIMENTS .....	45
VIII.2. INVESTISSEMENTS .....	46
VIII.3. FINANCEMENTS MOBILISABLES.....	47
VIII.4. COUTS D'EXPLOITATION, PRIX DE LA CHALEUR .....	47
VIII.5. COMPARAISON DE LA FACTURE ENERGETIQUE POUR CHAQUE USAGER .....	48
VIII.6. TEMPS DE RETOUR ACTUALISE.....	52
VIII.7. SENSIBILITE DES PARAMETRES DE L'ETUDE.....	55
<b>IX. ETUDE ENVIRONNEMENTALE, « EXTERNALITES POSITIVES »</b> .....	<b>59</b>
IX.1. EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE.....	59
IX.2. IMPACT SOCIETAL.....	60
<b>X. SYNTHESE DE L'ETUDE</b> .....	<b>61</b>



## LEXIQUE

---

ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie
COP	Coefficient de Performance (pour les pompes à chaleur)
ECS	Eau chaude sanitaire
Energie finale	Energie utilisable après les opérations d'extraction, de production, de transport etc.
Energie primaire	Energie disponible avant exploitation ou transformation
ENR	Energies Nouvelles et Renouvelables ou ENergies Renouvelables
GES	Gaz à effet de serre
kW et MW	kiloWatt, megaWatt (1 MW= 1000 kW) : unités de puissance
kWh et MWh	kiloWatt.heure, megaWatt.heure (1 MWh= 1000 kWh) : unités d'énergie
kWh <sub>ep</sub>	kiloWatt.heure d'énergie primaire
PAC	Pompe à Chaleur
PBEB	Plan Bois Energie Bretagne
PCI	Pouvoir calorifique inférieur (kWh/t de combustible)
PCS	Pouvoir calorifique supérieur (kWh/t de combustible)
RT 2012	Règlementation thermique en vigueur
TEP	Tonne Equivalent Pétrole
TRA	Temps de Retour Actualisé
T <sub>eq</sub> CO <sub>2</sub>	Tonne équivalent CO <sub>2</sub>

## INTRODUCTION A L'ETUDE

---

La commune de Guipel a souhaité réaliser une étude de faisabilité de réseau de chaleur permettant de desservir un certain nombre de bâtiments en centre-ville :

- L'EHPAD la Maison de la Vallée Verte
- Le groupe scolaire, incluant un bâtiment ancien qui abrite 2 classes et un logement à l'étage
- Le bâtiment multi-services Les Ponthènes

L'objectif de la présente étude est de permettre un positionnement de la collectivité sur la réalisation du réseau de chaleur qui pourrait alimenter ces bâtiments.

Lors de la première phase de l'étude, une analyse de l'existant a permis :

- de réaliser un audit énergétique simplifié du groupe scolaire afin de déterminer les déperditions et besoins de chauffage du bâtiment,
- de déterminer sur le groupe scolaire les principales actions permettant de réduire les consommations d'énergie.
- De faire un état des lieux des installations de chauffage et des consommations énergétiques de l'EHPAD et du bâtiment les Ponthènes.

**Ce document constitue le rapport de la phase 2, l'étude de faisabilité du réseau de chaleur au sens strict.**

## I. PRESENTATION DES BATIMENTS CONCERNES

Le tableau ci-dessous présente les bâtiments concernés par l'étude de faisabilité et leurs gestionnaires.

Bâtiment	Propriétaire/Gestionnaire
EHPAD la Maison de la Vallée Verte	CIAS (centre intercommunal d'action sociale)
Groupe solaire	Commune de Guipel
Logement	Commune de Guipel + locataire
Les Ponthènes	Commune de Guipel

Tableau 1 : Gestionnaires des bâtiments

Le schéma suivant les positionne dans leur contexte :

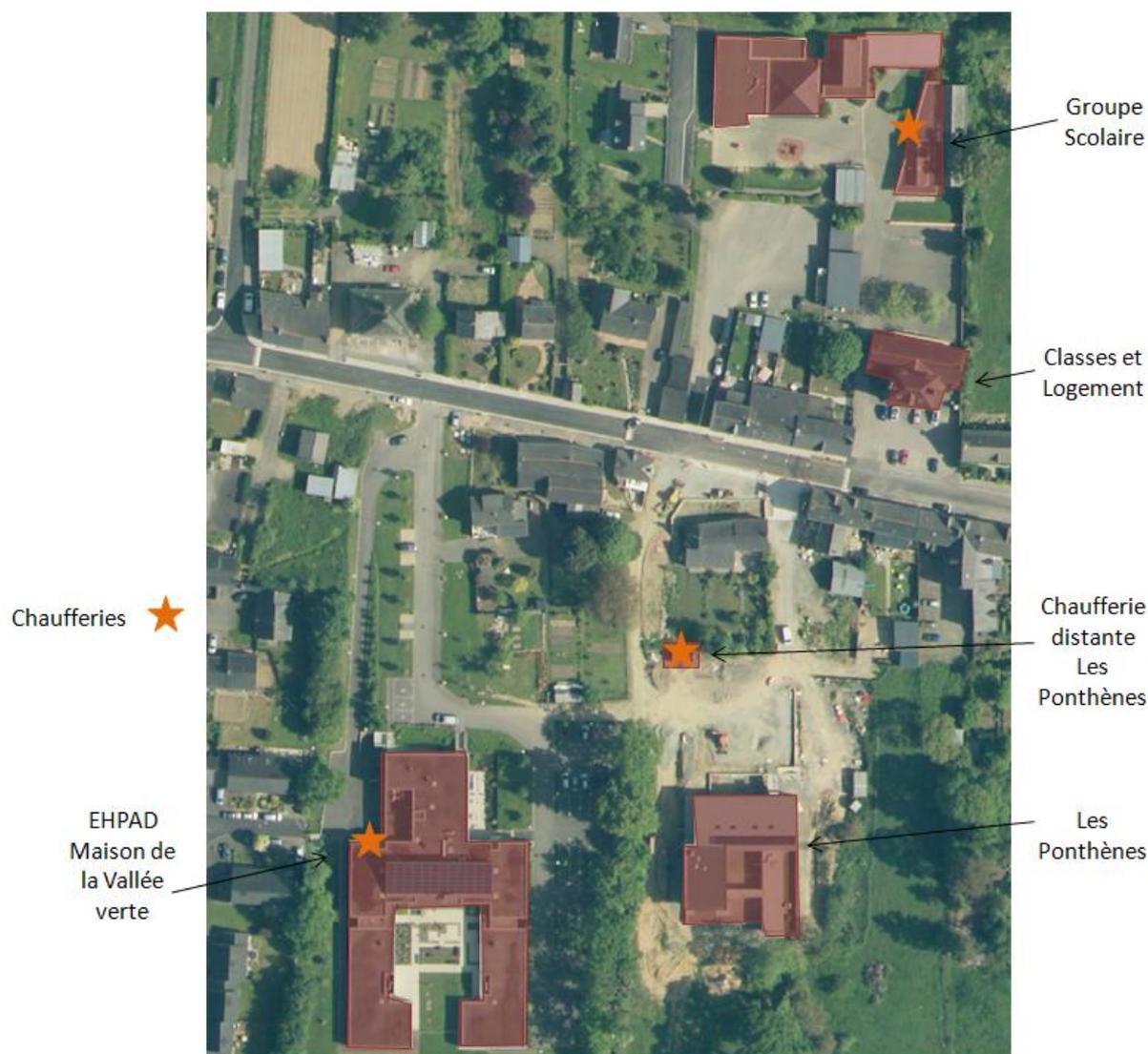


Figure 1 : Bâtiments étudiés

## I.1. EHPAD MAISON DE LA VALLEE VERTE

### I.1.1. PRESENTATION

Il s'agit d'un EHPAD de 47 lits livré en 2011.

Le bâtiment a une surface chauffée d'environ 2 734 m<sup>2</sup>.

L'énergie gaz naturel est utilisée pour les besoins de :

- Chauffage
- Production d'eau chaude sanitaire
- Cuisson



Figure 2 : EHPAD façade sud

### I.1.2. CHAUFFERIE

Le chauffage est assuré par :

- deux chaudières gaz naturel :
  - Marque : Atlantic Guillot
  - Puissance : 31.5/122 kW unité soit une puissance totale installée de 244 kW
  - Rendement mesuré par l'entreprise de maintenance : 97.5 %
  - Fonctionnement en cascade
- une installation solaire thermique pour la production de chauffage et d'eau chaude sanitaire :
  - surface de capteurs installés : 198 m<sup>2</sup> (84 capteurs)
  - 2 x 2 000 L de stockage pour la production d'eau chaude sanitaire
  - 1 x 2 000 L de stockage pour le chauffage
  - Production d'eau chaude sanitaire prioritaire avec un appoint par un ballon de 500 L alimenté depuis la chaufferie



Figure 3 : EHPAD : chaudières



Figure 4 : EHPAD-ballons

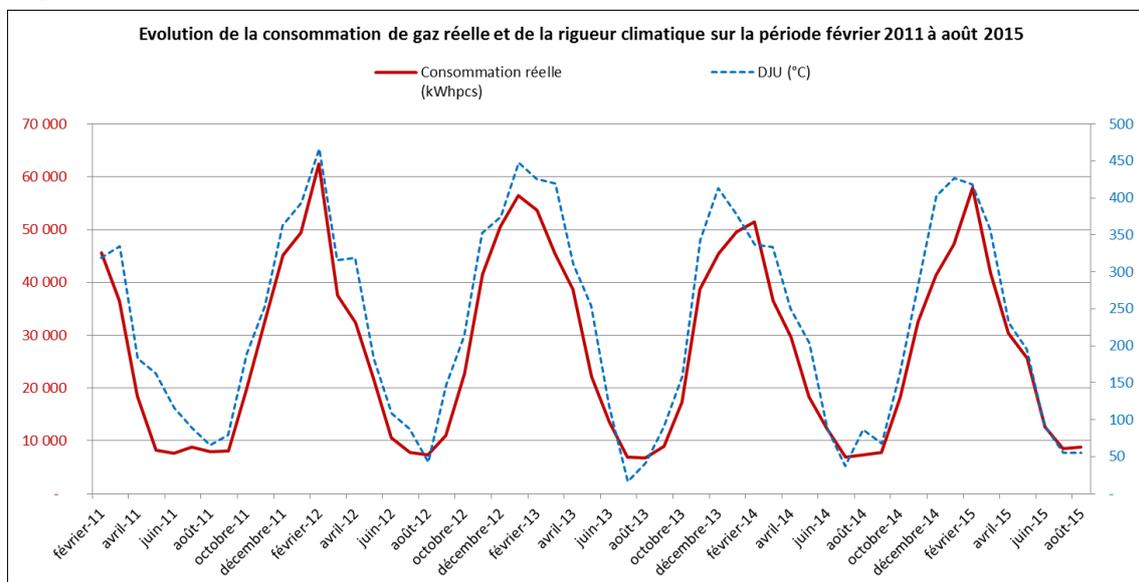
A partir des plans marchés de l'entreprise CSA, nous avons pu analyser la puissance de chauffage installée :

Départs	Puissance (W)
Eau chaude sanitaire	80 000
Plancher chauffant - zone est	26 676
Plancher chauffant - zone ouest	27 743
Radiateurs cuisine	5 069
Plancher chauffant - Centre	22 112
Batteries des CTA	69 780
<b>Puissance totale émission</b>	<b>231 380</b>
<b>Puissance chaudières</b>	<b>244 000</b>
<b>Surdimensionnement</b>	<b>5%</b>

Tableau 2 : EHPAD-Analyse de la puissance installée

### I.1.3. ANALYSE DES CONSOMMATIONS DE GAZ NATUREL

Le graphique ci-dessous présente l'évolution des consommations sur la période février 2011 à août 2015 :



Graphique 1 : EHPAD-évolution des consommations

Le tableau ci-dessous présente les données annuelles :

	Consommations de gaz naturel (kWhpcs/an)	Dépenses (€ TTC/an)	Emissions de gaz à effet de serre (kg eq CO <sub>2</sub> /an)
<b>2012</b>	355 541	22 490	83 197
<b>2013</b>	354 344	22 480	82 916
<b>2014</b>	312 157	14 586	73 045
<b>moyenne</b>	<b>340 681</b>	<b>19 852</b>	<b>79 719</b>

Tableau 3 : EHPAD-Consommations de gaz sur 3 ans

Nous pouvons estimer la consommation de chauffage seule en déduisant la consommation des usages eau chaude sanitaire et cuisson déterminée à partir de la consommation estivale.

La consommation moyenne sur les mois de juin/juillet/août est de 9 116 kWh<sub>PCS</sub>/mois soit une consommation pour ces usages d'environ **109 388 kWh<sub>PCS</sub>/an**.

Il est ensuite possible de corriger les consommations de chauffage sur la base de la rigueur climatique moyenne sur la période 2004-2014 soit des DJU base 20°C de 2 889°C.

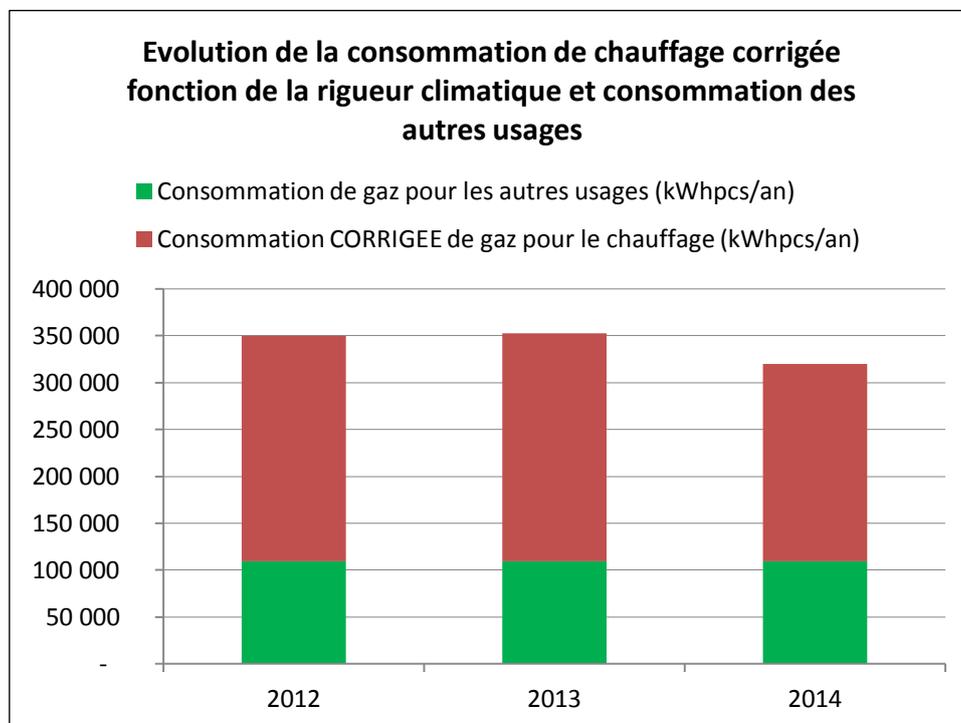
Le tableau ci-dessous présente la consommation corrigée par poste :

	Consommations gaz chauffage CORRIGEE (kWhpcs/an)	Consommations gaz Autres Usages (kWhpcs/an)	Evolution par rapport à l'année N-1
<b>2012</b>	240 356	109 388	
<b>2013</b>	243 280	109 388	1%
<b>2014</b>	210 242	109 388	-14%
<b>moyenne</b>	<b>231 293</b>	<b>109 388</b>	

Tableau 4 : EHPAD-Consommation corrigée par la rigueur climatique

Ainsi la consommation moyenne de chauffage sur les trois dernières années est de **231 290 kWh par an** pour une base de DJU de 2 889°C base 22°C.

Nous observons une diminution significative de la consommation de gaz en 2014 : -14% par rapport à l'année 2013.



Graphique 2 : EHPAD-Comparaison de l'évolution des consommations de gaz

## I.2. LES PONTHENES

### I.2.1. DESCRIPTIF DU BATIMENT

Le bâtiment multi-services a été livré en août 2014.

Le bâtiment héberge :

- La bibliothèque
- La restauration scolaire
- Le cabinet médical

Sa conception a été réalisée sur la base des standards passifs.

### I.2.2. INSTALLATIONS DE PRODUCTION DE CHAUFFAGE ET D'EAU CHAUDE SANITAIRE

Le chauffage est alimenté depuis une chaufferie décentralisée.

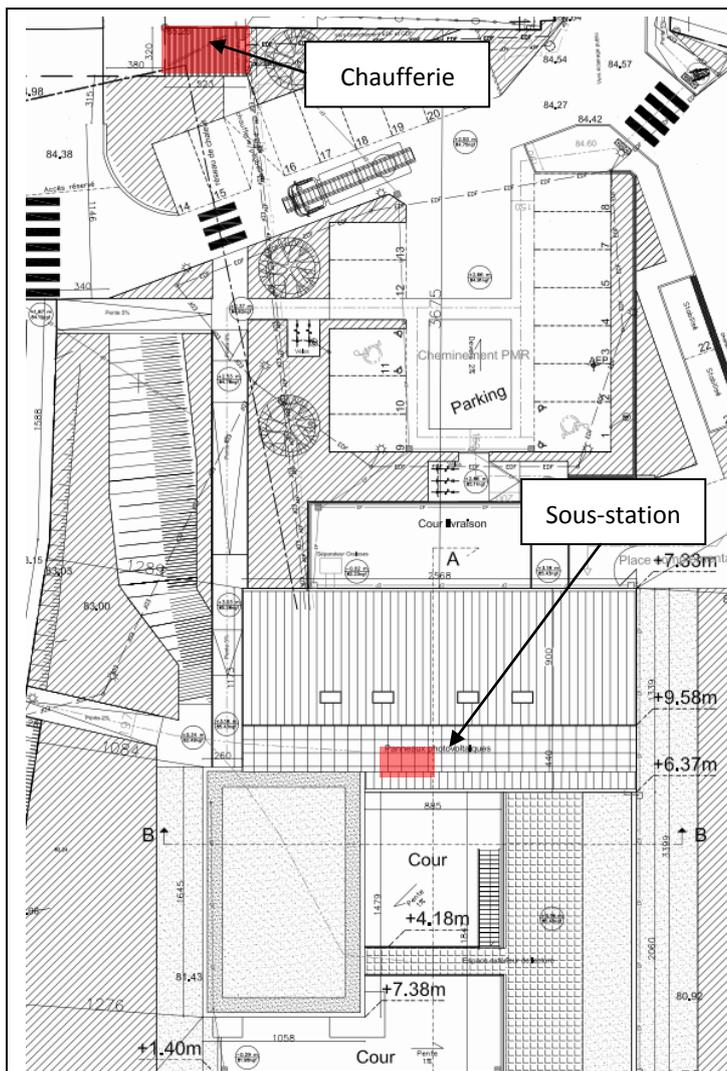


Figure 5 : Ponthènes-Chaufferie et sous station



Figure 6 : Les Ponthènes : chaufferie

- Chaudière à condensation gaz naturel
- Marque GEMINOX type THRi 10-50C
- Chauffage seul
- Puissance 10.7/52.6 kW en régime 30/50°C
- Rendement PCI : 107.7 %
- Régulation fonction de la température extérieure

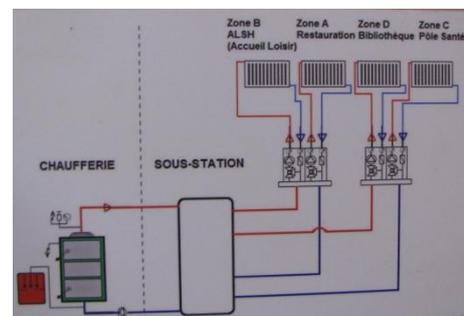


Figure 7 : Les Ponthènes : schéma de principe chauffage

Le réseau de chauffage enterré alimente une sous-station dans le bâtiment qui alimente à son tour :

- Un départ ALSH
- Un départ Restauration
- Un départ Bibliothèque
- Un départ Pôle Santé

Chaque départ est équipé d'un comptage énergétique :

Départ	Index relevé lors de la visite le 7/10/2015
<b>ALSH</b>	6 066
<b>Restaurant</b>	4 689
<b>Bibliothèque</b>	7 847
<b>Santé</b>	7 553
<b>TOTAL</b>	<b>26 155</b>

Tableau 5 : Ponthènes-relevés compteurs

Par ailleurs une installation solaire thermique assure la production d'eau chaude sanitaire du site avec un appoint électrique :

- Surface de capteurs : 5m<sup>2</sup>
- Volume de stockage ECS : 400 L



Figure 8 : Les Ponthènes- sous-station

Le bâtiment s'approchant des standards passifs, nous pouvons évaluer les déperditions sur la base d'un ratio (le seuil du bâtiment passif certifié étant de 10 W/m<sup>2</sup>) :

	Surface	Etanchéité à l'air (n50) en vol/h	Déperditions estimées (W/m <sup>2</sup> )	Déperditions estimées (W)
RdC	401	0.88	30	12 030
Etage	426	1.35	40	17 040
<b>TOTAL</b>	<b>827</b>			<b>29 070</b>

Tableau 6 : Ponthènes-déperditions estimées

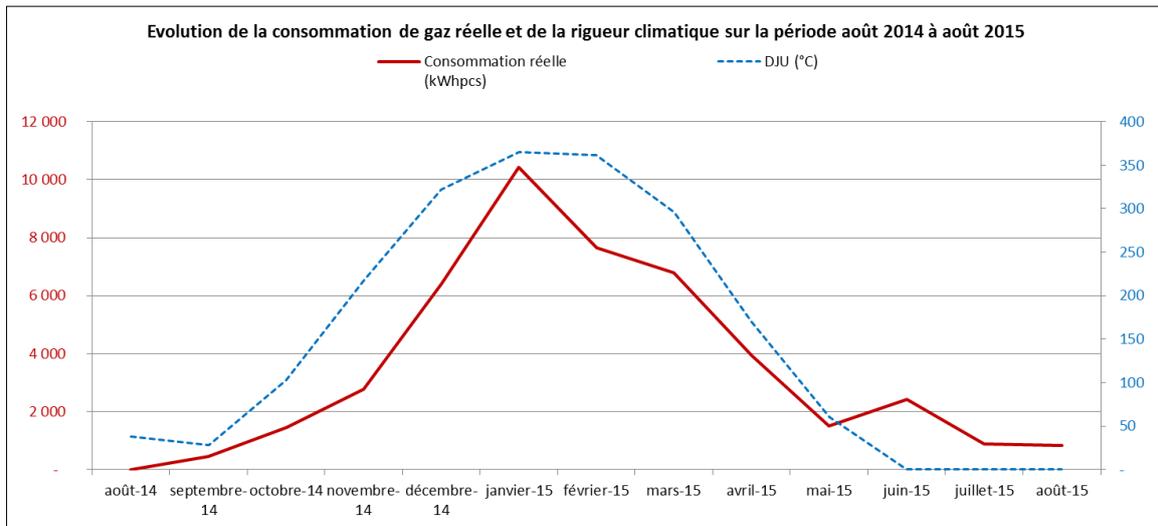
Les déperditions totales du bâtiment sont estimées à 29 kW.

Les déperditions totales sont donc ainsi estimées en totalité à environ 30 kW, soit une puissance théorique à installer d'environ 36 kW avec un coefficient de surdimensionnement de + 20 %.

La chaudière actuelle semble donc surdimensionnée de 38 % (50 kW de puissance installée).

### I.2.3. ANALYSE DES CONSOMMATIONS DE GAZ NATUREL

Le graphique ci-dessous présente l'évolution des consommations sur la période août 2014 à août 2015 :



Graphique 3 : Ponthènes-Consommations de gaz

L'énergie est fournie par TOTAL. La facturation est réalisée sur relevés réalisés par Grdf sauf si les données ne sont pas transmises, ce qui est le cas en juillet et août 2015 où les factures se basent sur des consommations estimées.

L'énergie gaz naturel est utilisée par le site uniquement pour le chauffage du bâtiment.

La consommation de gaz naturel facturée sur la base de relevés sur la période septembre 2014 à juin 2015 (période de chauffe complète) est de 43 798 kWh<sub>PCS</sub> pour des DJU sur la période de 1 924°C.

La consommation corrigée sur la base des DJU base 18°C de la période 2009-2014 est de **51 477 kWh<sub>PCS</sub>**.

Ce niveau de consommation reste toutefois bien supérieur au bilan énergétique relevé sur les compteurs des départs chauffage.

Le rapport besoins/consommation PCI est de 56 % ce qui est relativement faible.

### I.3. GROUPE SCOLAIRE

Un audit énergétique a été réalisé sur ce bâtiment. Nous ne présentons ici qu'une synthèse.

#### I.3.1. DESCRIPTION GENERALE DU SITE

Le groupe scolaire de Guipel est constitué de plusieurs bâtiments :

- Le bâtiment principal dont la construction initiale est de 1985 ■
  - suivie de deux extensions :
    - en 1996 ■
    - et 2002 ■
- Deux bâtiments de classe mobiles ■
- Le bâtiment de l'ancienne cuisine où se trouve à ce jour :
  - En rez-de-chaussée : la bibliothèque, une salle de classe et des sanitaires ■
  - En rez-de-chaussée sud-ouest et aux étages un logement ■



Figure 9 : Groupe Scolaire-vue aérienne du site

### I.3.2. ANALYSE DES CONSOMMATIONS D'ENERGIE

#### CONSOMMATIONS D'ELECTRICITE

Le tableau ci-dessous présente l'évolution de la consommation d'électricité :

Année	Consommation (kWh)	Dépense (€TTC)	Prix énergie (€TTC/kWh)
2011	53 085	6 895	0.1299
2012	59 489	7 816	0.1314
2013	69 880	9 461	0.1354
2014	54 379	7 925	0.1457

Tableau 7 : Ecole-Consommations d'électricité sur 4 ans

La consommation d'électricité a montré une augmentation jusqu'en 2013 suivie d'une baisse en 2014.

Cette diminution est essentiellement liée à la fermeture de la cantine localisée dans l'école jusqu'en 2014 qui a été déplacée dans le nouvel équipement multi-services en 2014.

#### CONSOMMATIONS DE GAZ NATUREL

Le tableau ci-dessous présente l'évolution de la consommation de gaz naturel :

Année	Consommation (kWh <sub>PCS</sub> )	Dépense (€TTC)	DJU	kWh/DJU	Prix énergie (€TTC/kWh)
2011	33 163	2 127	1 960	16.9	0.0641
2012	47 871	3 321	2 351	20.4	0.0694
2013	55 407	3 935	2 451	22.6	0.0710
2014	36 719	2 314	2 043	18.0	0.0630

Tableau 8 : Ecole-consommations de gaz sur 4 ans

L'énergie gaz est utilisée uniquement pour le poste chauffage.

La consommation moyenne sur la période est de 19.7 kWh/DJU soit une consommation moyenne sur la base des DJU 2001-2014 de **45 448 kWh<sub>PCS</sub>**.

#### BILAN

Le tableau ci-dessous présente le bilan des consommations d'énergie finales des 3 dernières années (hors logement) :

Année	Consommations d'énergie finale (kWh/an)	Dépenses totales (€ TTC/an)	Emissions de gaz à effet de serre (teq CO <sub>2</sub> /an)
2012	107 360	11 137	16.2
2013	125 287	13 396	18.8
2014	91 098	10 239	13.2

Tableau 9 : Ecole-consommations totales sur 3 ans

La consommation totale d'énergie finale, en intégrant une correction en fonction de la rigueur climatique pour le poste chauffage, est de **99 749 kWh/an** soit **76 kWh<sub>EF</sub>/m<sup>2</sup>/an**.

La consommation totale d'énergie primaire, en intégrant une correction en fonction de la rigueur climatique pour le poste chauffage, est de **185 668 kWh/an** soit **141 kWh<sub>EP</sub>/m<sup>2</sup>/an**.

Sur la base de ces consommations d'énergie primaire et émissions en gaz à effet de serre, nous pouvons déterminer le classement énergétique et environnemental du bâtiment (hors logement).

Attention : cette donnée ne fait pas office de Diagnostic de Performance Energétique.

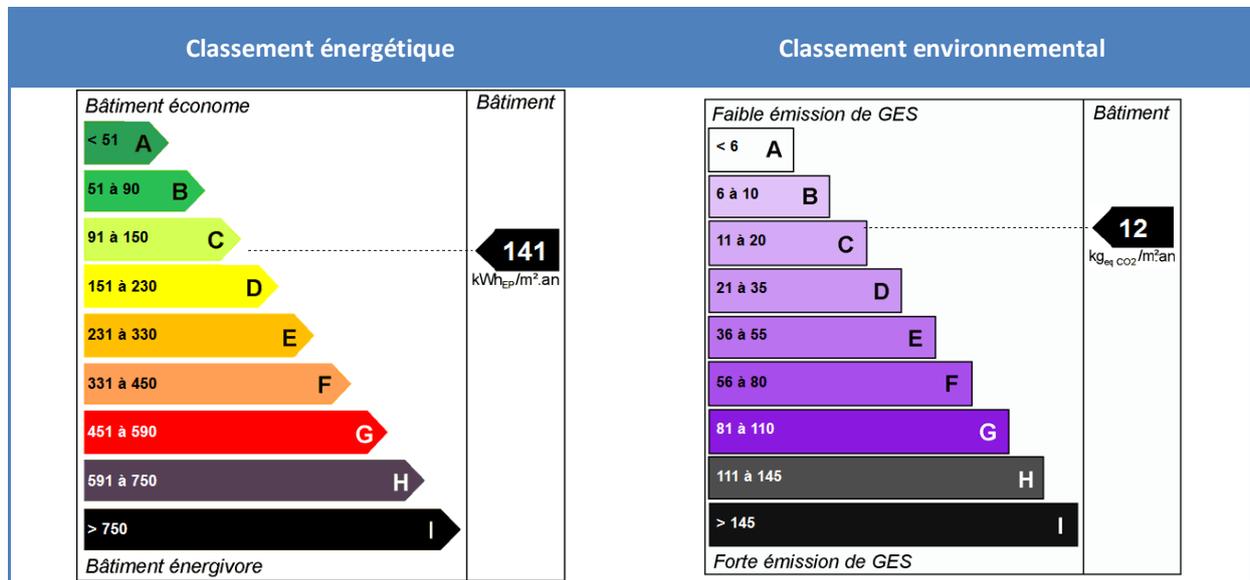


Figure 10 : Ecole-Classement énergie et climat indicatif

#### Remarque :

Les consommations sont relativement faibles et s'expliquent par différentes raisons :

- la prise en compte de la surface et de la consommation des classes mobiles qui sont peu utilisées et ont donc un rapport kWh/m<sup>2</sup> favorable ;
- les probables défauts de ventilation mécanique qui conduisent à réduire la consommation de chauffage au détriment de la qualité de l'air intérieur.

### I.3.3. DEPERDITIONS

Par ailleurs, l'étude réalisée permet de calculer les déperditions totales des bâtiments :

Zones	Déperditions (W)			Totales	Surface (m <sup>2</sup> )	Ratio W/m <sup>2</sup>
	Par les parois	Par la ventilation	Par les infiltrations			
Ecole - Zone 1985	5 743	3 672	761	10 176	191	53.2
Ecole - Extension 1996	17 310	15 096	1 528	33 934	414	81.9
Ecole - Extension 2002	8 590	13 072	932	22 594	285	79.4
Ancien restaurant - Classes et bibliothèque	14 453	3 519	1 184	19 156	239	80.3
Ancien restaurant - Logement	10 495	2 956	1 220	14 671	225	65.1
<b>Ensemble</b>				<b>100 531</b>	<b>1 354</b>	<b>74.2</b>

Tableau 10 : Ecole-Déperditions calculées

Les déperditions totales s'élèvent à **100 kW**.

Elles sont de 66.7 kW pour les zones couvertes par la chaudière gaz d'une puissance de 130 kW qui est donc surdimensionnée de +50% alors qu'un surdimensionnement de +20% est suffisant.

### I.3.4. CONSOMMATIONS DE CHAUFFAGE BATIMENT ANCIENNE CANTINE ET LOGEMENT

---

Les consommations de chauffage du groupe scolaire sont connues puisque l'énergie gaz ne dessert que ces besoins énergétiques.

Par contre, pour le logement et l'ancienne cantine, le chauffage est assuré par un système de chauffage électrique. Sans-sous comptage et par ailleurs sans disposer des factures d'électricité du logement, nous devons estimer les consommations de chauffage à partir des déperditions de ces deux zones.

Les consommations sont estimées sur la base des hypothèses suivantes :

- DJU : 2 307°C
- Rendement installation de chauffage : 90 %
- Apports gratuits : 25 %
- Coefficient d'intermittence : 70 % (arrêt chauffage, mise en réduit)
- Température de consigne : 20°C

Sur ces bases, les consommations de chauffage sont estimées à :

- **24 749 kWh par an** pour les classes de l'ancienne cantine
- **18 952 kWh par an** pour le logement dans des conditions normales d'utilisation notamment VMC en marche

## II. SYNTHES DES BESOINS THERMIQUES DES USAGERS

### II.1. PUISSANCE INSTALLEE

Le tableau suivant rappelle les systèmes de chauffage et de production d'ECS installés pour chaque bâtiment.

	P installée en chaufferie(kW)	systèmes chauffage	systèmes ECS
<b>Maison de la Vallée Verte</b>	244 kW	gaz 2x 122 kW soit 244 kW + solaire + ballon 2000 L	capteurs solaires <b>198 m<sup>2</sup></b> , ballons 2x 2000 L, appoint gaz par ballon 500 L 80kW gaz dédiés à la production ECS
<b>Les Ponthènes</b>	52 kW	Chaudière gaz condensation 52 kW	capteurs solaires <b>4 m<sup>2</sup></b> ballon 400 L, appoint électrique
<b>Groupe Scolaire</b>	130 kW	gaz 130 kW	ECS électrique
<b>Classes (Ancienne Cantine)</b>		convecteurs électriques	
<b>Logement</b>		convecteurs électriques	ECS électrique
<b>TOTAUX</b>	<b>426 kW</b>		

Tableau 11 : Puissance installée globale

Une puissance totale de **426 kW** est donc installée sur les bâtiments en chaudières gaz.

Seules les chaudières de la Maison de la Vallée Verte et celle des Ponthènes sont assez récentes pour être réutilisées soit un total de **296 kW** disponibles. L'une des deux chaudières de l'EHPAD vient d'être changée.

### II.2. DEPERDITIONS

En parallèle de ce constat, un calcul de déperdition a été réalisé sur l'école et une analyse des puissances installées a été réalisée sur les autres bâtiments. Le tableau suivant présente les déperditions estimées :

	P installée (kW)	Déperditions (kW)	Remarques
<b>Maison de la Vallée Verte</b>	244 kW	151 kW	Puissance installée dédiée à l'émission de chauffage
<b>Les Ponthènes</b>	52 kW	30 kW	Sur la base du standard passif 10W/m <sup>2</sup>
<b>Groupe Scolaire</b>	130 kW	67 kW	Déperditions calculées
<b>Classes (Ancienne Cantine)</b>		19 kW	Déperditions calculées
<b>Logement</b>		15 kW	Déperditions calculées
<b>TOTAUX</b>	<b>426 kW</b>	<b>282 kW</b>	

Tableau 12 ; déperditions globales

Ainsi les déperditions totales des bâtiments pour le chauffage s'élèvent à **282 kW**.

## II.3. BESOINS THERMIQUES

### II.3.1. CHAUFFAGE

Le tableau suivant présente les besoins en chauffage de chaque bâtiment déduit des consommations en chauffage auxquelles sont appliqués les rendements des chaudières.

	consommations de gaz dédiées au chauffage corrigées du climat (kWh/an)	consommations estimées d'électricité dédiée au chauffage (kWh/an)	Rendement de Génération	BESOINS CHAUFFAGE (kWh/an)	
<b>Maison de la Vallée Verte</b>	231 290		97.5%	225 508	61.5%
<b>Les Ponthènes</b>	51 480		107.7%	55 444	15.1%
<b>Groupe Scolaire</b>	45 450		92.7%	42 132	11.5%
<b>Classes (Ancienne Cantine)</b>		24 750	100.0%	24 750	6.7%
<b>Logement</b>		18 950	100.0%	18 950	5.2%
<b>TOTAUX</b>	<b>328 220</b>	<b>43 700</b>		<b>366 784</b>	

Tableau 13 : besoins en chauffage

Les besoins en chauffage sont arrondis à **366 800 kWh** par an pour l'ensemble des bâtiments.

Le raccordement du logement et des classes de l'ancienne cantine au réseau de chaleur a été considéré en l'état actuel du bâtiment.

Dans le cas d'une rénovation lourde du bâti, les déperditions et les besoins en chauffage seraient grandement diminués.

Il faudra néanmoins prévoir deux sous stations, l'une pour les classes, l'autre pour le logement.

### II.3.2. EAU CHAUDE SANITAIRE

Le bâtiment **Les Ponthènes** dispose d'un système de production d'eau chaude solaire bien dimensionné, équipé d'un appoint électrique. Aucun besoin d'eau chaude sanitaire ne sera donc considéré pour ce bâtiment.

Les besoins d'eau chaude sanitaire de l'école sont généralement faibles : le bâtiment est équipé d'un chauffe-eau électrique (qui pourra être redimensionné avec un volume plus faible en cas de renouvellement).

Les besoins en eau chaude du logement sont négligés, ils seront de l'ordre de 1000 kWh/an.

**La question majeure porte sur le dispositif de production solaire de l'EHPAD.**

Nous avons montré en Phase 1 de l'étude que :

- La chaufferie n'est pas équipée d'un dispositif permettant de faire un bilan de production de l'installation solaire.
- La chaufferie ne dispose pas de compteur d'eau froide permettant de mesurer la consommation d'eau chaude sanitaire

- Le sous-compteur gaz en chaufferie ne fonctionne pas, ce qui empêche d'identifier les consommations de gaz propres à la cuisson.
- Le ballon solaire chauffage n'arrive pas à monter en température ce qui laisse penser que la contribution du solaire thermique pour le chauffage est négligeable.
- Les besoins en eau chaude sanitaire semblent avoir été surestimés en phase conception : 4000 L d'eau chaude à 60°C par jour (85 L/j/lit) alors que les ratios généralement constatés conduiraient autour de 700 à 940 L par jour (15 à 20 L/j/lit).

Par ailleurs, nous avons estimé la consommation de gaz dédiée à la cuisson et à la production d'ECS à **109 390 kWh<sub>PES</sub>/an** (estimation à partir des consommations estivales). Comme précisé ci-dessus l'identification des consommations dédiés à la cuisson n'est pas possible, y compris par ratio, puisque la cuisine prépare les repas de l'EHPAD mais également ceux des scolaires en liaison chaude.

Si l'on considère un besoin journalier pour l'EHPAD de **800 L en eau chaude à 60°C**, le besoin thermique associé serait de **16 000 kWh/an**. A ce besoin, il convient d'ajouter les pertes par bouclage qui peuvent être très élevées.

Nous considérons une **hypothèse haute** de besoin ECS+pertes par bouclage de **50 000 kWh par an** : le bâtiment en « U », sur deux niveaux, laisse penser que ces pertes sont en effet importantes.

Enfin, dans le cadre de la présente étude de faisabilité, nous partons du principe que l'installation solaire va faire l'objet d'interventions techniques permettant d'assurer un suivi et de porter le **taux de couverture annuel du solaire sur l'eau chaude sanitaire et son bouclage à 50%** (valeur tout à fait raisonnable compte-tenu de la surface de capteurs), la part restant à couvrir par le réseau de chaleur serait de **25 000 kWh/an**, principalement en hiver.

Ces 25 000 kWh théoriques représentent 7% des besoins en chauffage de l'ensemble des bâtiments.

**Nous faisons donc le choix de ne pas prendre en compte les besoins d'ECS de l'EHPAD**, tels que nous venons de les décrire, dans le champ de l'étude de faisabilité. Les conséquences pour le résultat de l'étude sont les suivantes :

- ✓ Si les interventions sur l'installation solaire thermique permettent d'atteindre l'objectif de taux de couverture de 50% sur les besoins en ECS et le bouclage, alors les 25 000 kWh d'appoint seront produits par le réseau principalement en période de chauffe et permettront d'améliorer le taux de couverture du réseau de chaleur. Par ailleurs le réseau pourra être arrêté en été ;
- ✓ Si aucune intervention n'est mise en place sur l'installation solaire, les consommations en ECS de l'EHPAD viendront densifier les besoins du réseau de chaleur.

**Le choix proposé est donc le plus défavorable pour le réseau de chaleur.**

### II.3.3. SAISONNALITE DES BESOINS

La période de chauffe s'étend du 1<sup>er</sup> octobre au 15 mai, sauf pour l'EHPAD, pour lequel la période de chauffe est fixée du 1<sup>er</sup> octobre au 15 juin.

### III. DEFINITION DES SCENARIOS

Les scénarios étudiés portent sur la stratégie d’appoint/secours du réseau de chaleur.

Ils sont présentés dans le tableau suivant :

- ❖ REFERENCE : la référence est la situation actuelle
- ❖ SCENARIO A -100% Bois déchiqueté
- ❖ SCENARIO B – Bois + gaz centralisé
- ❖ SCENARIO C - Bois+ gaz décentralisé

Le tableau suivant présente les spécificités de chaque scénario étudié :

	SCENARIO A	SCENARIO B	SCENARIO C
	<b>100% bois</b>	<b>Bois + gaz centralisé</b>	<b>Bois + gaz décentralisé</b>
<b>Energie principale</b>	Bois déchiqueté	Bois déchiqueté	Bois déchiqueté
<b>Appoint et secours</b>	Aucun	Gaz naturel en chaufferie centrale	Gaz naturel en chaufferie existante Chaudières existantes
<b>Destination des chaudières existantes :</b>			
<b>EHPAD</b>	<i>Conservées en partie pour l’appoint de la production ECS, fonction des améliorations apportées au système solaire</i>	<i>Conservées en partie pour l’appoint de la production ECS, fonction des améliorations apportées au système solaire</i>	Conservées pour l’appoint et le secours
<b>Les Ponthènes</b>	Supprimée (ou conservée)	Supprimée (ou conservée)	Conservée pour l’appoint et le secours
<b>Ecole</b>	Supprimée (ou conservée)	Supprimée (ou conservée)	Remplacée pour l’appoint et le secours

Tableau 14 : Scénarios étudiés

La conservation des chaudières gaz dans les scénarios 1 et 2 est fonction des souhaits de la collectivité.

## IV. ETUDES TECHNIQUES

Les scénarios bois énergie s'appuient sur les technologies de **chaudière bois déchiqueté à alimentation automatique**.

### IV.1. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DES CHAUDIERES BOIS

#### IV.1.1. CHAUDIERE BOIS

Les chaudières automatiques à bois sont des générateurs de chaleur qui utilisent du bois déchiqueté (ou des granulés de bois), convoyé automatiquement jusqu'au foyer de combustion.

Le système de convoyage automatique, vis sans fin ou tapis convoyeur, permet de supprimer complètement les manipulations quotidiennes de bois nécessaires avec une chaudière à bûches. La combustion est complètement maîtrisée grâce au contrôle des arrivées d'air comburant et de la quantité de combustible apportée au foyer.

Le rendement atteint 80 à plus de 90% ce qui a plusieurs conséquences : températures de fumée très basses (110°C), cendres très fines produites en faible quantité (1 à 2% en volume), peu de dégagements de poussières et de produits de combustion incomplète dans les fumées.

Le bois est stocké dans un silo attendant à la chaufferie, dimensionné en fonction de la consommation prévisionnelle de l'installation.

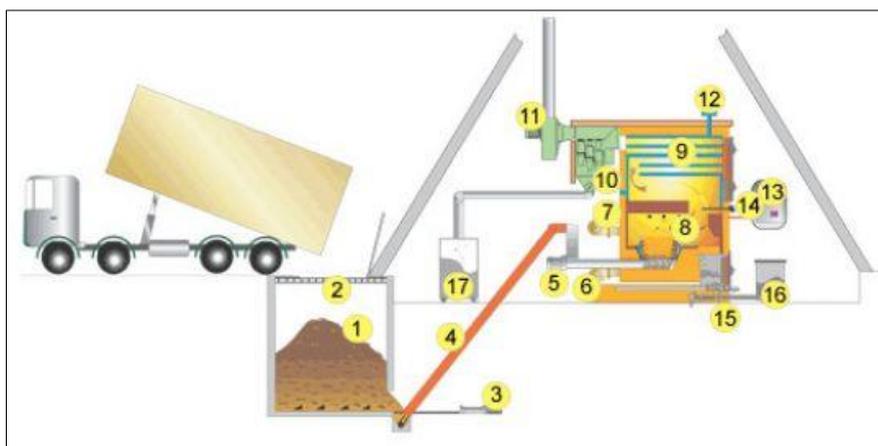


Figure 11 : schéma de principe d'une chaufferie moyenne à grosse puissance (source Ademe)

- |                                 |                                     |
|---------------------------------|-------------------------------------|
| 1. Silo d'alimentation          | 9. Echangeur de chaleur             |
| 2. Grille de protection         | 10. Dépoussiéreur multicyclone      |
| 3. Vérins hydrauliques          | 11. Extracteur de fumée de cheminée |
| 4. Chaîne de transfert          | 12. Départ réseau de chaleur        |
| 5. Vis d'alimentation           | 13. Armoire de régulation           |
| 6. Ventilateur d'air primaire   | 14. Sonde de température            |
| 7. Ventilateur d'air secondaire | 15. Vis de déchargement             |
| 8. Chambre de combustion        | 16. Conteneur à cendres             |
|                                 | 17. Conteneur à poussières          |

## IV.2. IMPLANTATION DE LA CHAUFFERIE

### IV.2.1. CHOIX DU SITE

L'implantation de la chaufferie doit répondre aux contraintes suivantes :

- accessibilité pour un engin de livraison de bois : voirie lourde, rayon de courbure suffisant pour les manœuvres
- proximité avec les équipements les plus consommateurs
- insertion dans le tissu urbain existant
- maîtrise foncière souhaitable
- raccordement avec les réseaux de chaleur pré-installés

Deux emplacements semblent intéressants, ils sont positionnés sur la photo ci-dessous. En rose sont figurés les accès de livraison possibles.

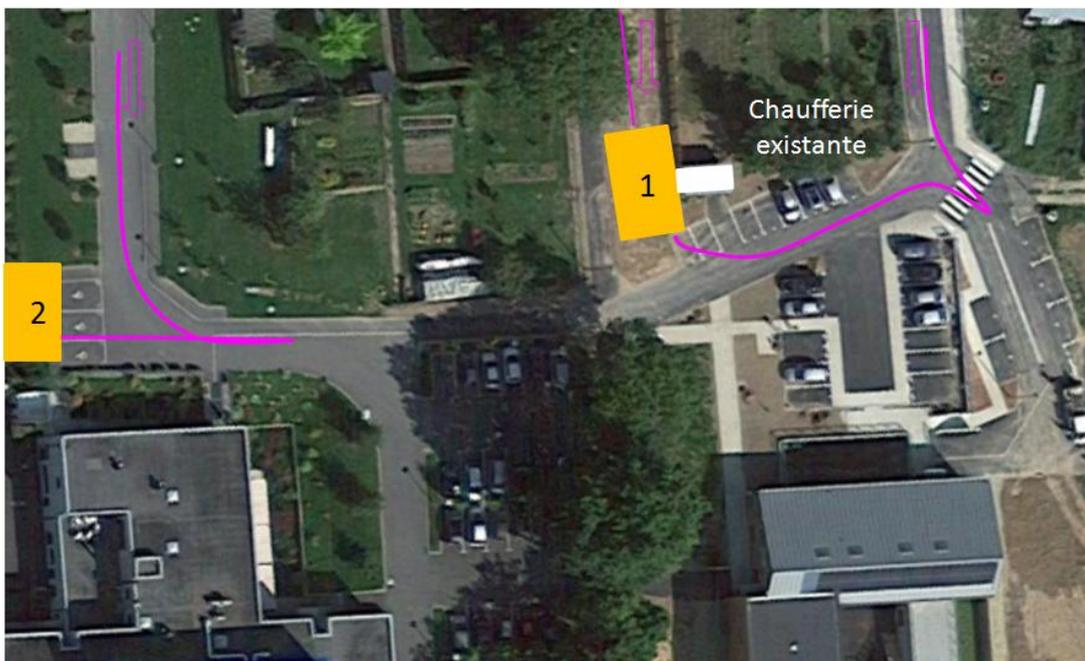


Figure 12 : Emplacements possibles de la chaufferie

Le tableau suivant présente les avantages et les inconvénients de chaque emplacement.

	Emplacement 1	Emplacement 2
		
<b>Dénivelé</b>	Environ 1m sur 10 m	Environ 1,5 m, talus à reconfigurer pour accueillir un bâtiment
<b>Accès engin de livraison</b>	Contrainte de manœuvre si accès par le bas Voirie lourde à prévoir si accès par le haut au détriment d'un espace vert jouxtant un accès piéton	Facile, voie d'accès existante Places de stationnement PMR à reconfigurer
<b>Proximité avec les équipements les plus consommateurs</b>	Moins proche de l'EHPAD	Plus proche de l'EHPAD
<b>Insertion dans le tissu urbain</b>	Un peu plus proche d'une habitation au Nord-est	habitations voisines en contrebas à l'Ouest
<b>Maîtrise foncière</b>	oui	A vérifier
<b>Raccordement avec réseaux préinstallé</b>	Reprise réseau DN 32 à prévoir	Reprise réseau DN 63 à prévoir

Tableau 15 : Avantages et inconvénients des emplacements

Dans le cadre de l'étude, **nous choisissons l'emplacement 1** dans la mesure où la collectivité a anticipé le positionnement des tubes isolés en arrivée en pied de la chaufferie existante.

#### IV.2.2. CONFIGURATION CHAUFFERIE ET SILO DE STOCKAGE

Le site choisi présente au mieux un dénivelé exploitable de 1 m.



Figure 13 : site d'implantation étudié

Dès lors, deux solutions d’approvisionnement sont possibles, elles sont résumées dans le schéma ci-après :

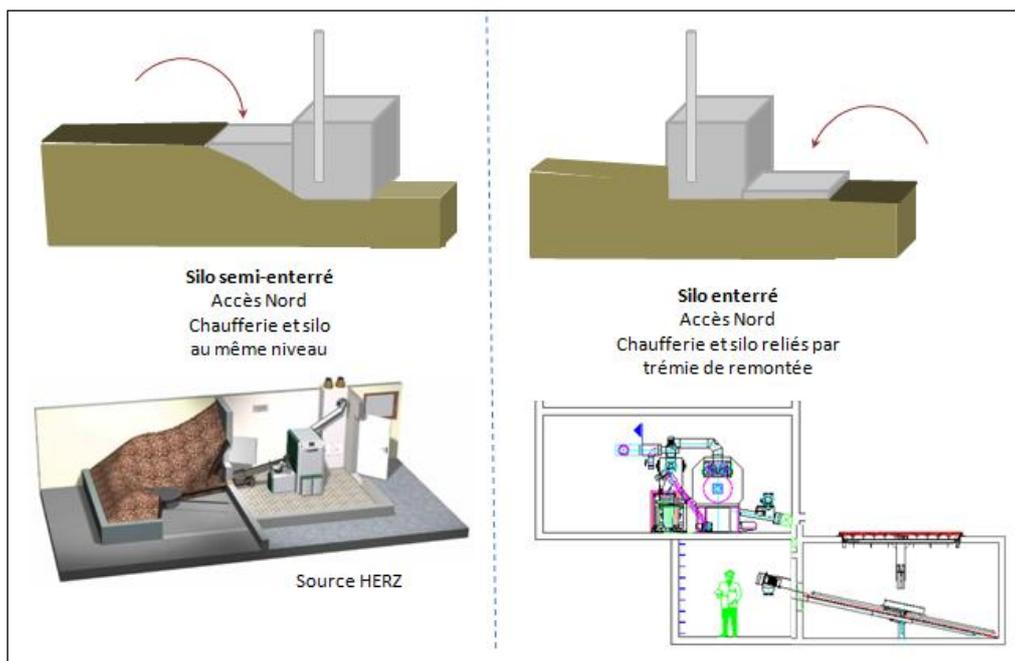


Figure 14 : configurations chaufferie et silo

**D’un point de vue investissement, les deux solutions sont équivalentes.**

Dans la solution silo enterré, la voirie existante est réutilisée, mais il est nécessaire de concevoir un silo cuvelé, et une sur-largeur permettant d’accueillir le dispositif de convoyage du bois jusqu’au niveau de la chaufferie.

Dans la solution silo semi-enterré, il faudra créer une voie d’accès poids lourds au nord de la parcelle jusqu’à la route, en incluant une modification de la pente pour accentuer le dénivelé permettant d’adosser la façade Nord du silo. En revanche, la chaufferie et le silo sont presque au même niveau.

#### IV.1. PUISSANCES SOUSCRITES

Le tableau suivant présente les puissances à souscrire pour chaque usager, incluant les coefficients de relance

	P actuellement installée (kW)	Déperditions (kW)	P à souscrire réseau (kW)
<b>Maison de la Vallée Verte</b>	244 kW	151 kW	<b>181 kW</b>
<b>Les Ponthènes</b>	52 kW	30 kW	<b>36 kW</b>
<b>Groupe Scolaire</b>	130 kW	67 kW	<b>80 kW</b>
<b>Classes (Ancienne Cantine)</b>		19 kW	<b>23 kW</b>
<b>Logement</b>		15 kW	<b>18 kW</b>
<b>TOTAUX</b>	426 kW	282 kW	<b>338 kW</b>

Tableau 16 : Puissances souscrites par usager

La puissance maximale à installer est donc de **338 kW**, à moduler en fonction des puissances disponibles chez les fournisseurs de chaudières.

## IV.2. DIMENSIONNEMENT DES EQUIPEMENTS

### IV.2.1. CHAUDIERES

La particularité des chaudières automatiques à bois déchiqueté réside dans la nécessité de faire fonctionner la chaudière à puissance nominale le plus longtemps possible.

A charge réduite, le rendement se dégrade ce qui occasionne souvent des problèmes plus ou moins pénalisants : surconsommation de bois, encrassement prématuré, arrêts, etc.

Ces inconvénients peuvent être partiellement compensés par l'installation d'un volume d'hydroaccumulation, dimensionné pour permettre à la chaudière de limiter ses cycles de chauffe lorsque les besoins sont faibles.

Le tableau suivant présente les dimensionnements retenus pour chaque scénario :

	SCENARIO A	SCENARIO B	SCENARIO C
	100% bois	Bois + gaz centralisé	Bois + gaz décentralisé
<b>Energie principale</b>	Bois déchiqueté Chaudière 350 kW	Bois déchiqueté Chaudière 185 kW	Bois déchiqueté Chaudière 185 kW
<b>Besoins assurés</b>	100% sur la période de chauffe	95%	95%
<b>Appoint et secours</b>	Aucun	Gaz naturel en chaufferie centrale Chaudière 350 kW	Gaz naturel en chaufferie existante Chaudières existantes
<b>Hydroaccumulation</b>	5 000 L	2 000 L	2000 L

Tableau 17 : dimensionnement des équipements

### IV.2.2. SPECIFICITES LIEES A L'APPOINT/SECOURS DECENTRALISE

L'intérêt d'avoir recours à une solution appoint/secours décentralisé est la réduction de l'investissement initial :

- Dimensionnement de la chaudière bois à 50% environ de la puissance appelée
- Pas d'installation de chaudière gaz neuve en appoint et en secours

Par ailleurs, les chaudières existantes sont conservées ou renouvelées (cas de l'école).

En revanche, dans la mesure où les abonnés au réseau de chaleur signent un contrat d'approvisionnement, la livraison de la chaleur est due. De ce fait, il est impératif que le gestionnaire du réseau prenne en gestion les chaudières existantes afin d'avoir la main sur les modalités de régulation dans chaque sous station.

Le principe d'alimentation des bâtiments est le suivant :

- Livraison de chaleur par la boucle primaire en sous station
- Branchement des chaudières d'appoint/secours en sortie d'échangeur
- Livraison de la chaleur d'appoint/secours calculée en fonction des besoins du bâtiment et de la chaleur livrée par le réseau.
- Le réseau de distribution secondaire commence après les organes de régulation permettant l'intervention des chaudières d'appoints/secours

Cette solution impose pour l'école une modification des conditions de desserte par le réseau caloporteur enterré.

- **SCENARIOS A et B : centralisé**

Le réseau caloporteur passe devant le bâtiment « classes+logement » et un T permet de desservir une nouvelle sous-station dans ce bâtiment puis la chaufferie modifiée en sous-station. Cela permet de limiter les longueurs de réseau.

- **SCENARIO C : décentralisé**

Le réseau caloporteur va directement desservir la chaufferie existante. Un second réseau repart dans la même tranchée, de la chaufferie de l'école - qui permet d'assurer l'appoint et le secours- pour desservir le bâtiment « classes+logement ». Une longueur de réseau caloporteur supplémentaire est nécessaire, mais cela permet d'assurer l'appoint et le secours de ce bâtiment.

### IV.2.3. HYDROACCUMULATION

La capacité de stockage du ballon d'hydroaccumulation doit permettre à la fois :

- d'optimiser le temps de fonctionnement de la chaudière bois
- mais également d'« écrêter » les appels de puissance pour la relance du chauffage, par exemple en début de journée, lorsque les températures de consigne basculent du réduit au niveau journée.

Son rôle est particulièrement important dans le scénario A.

### IV.2.4. STOCKAGE ET CONVOYAGE DU BOIS

Le système de désilage habituellement utilisé dans les gammes de puissance inférieures à 500 kW est un système rotatif. Le bois est rabattu par des bras articulés au niveau d'une vis de transfert centrale qui achemine le combustible vers une vis de transfert jusqu'au corps de chauffe.

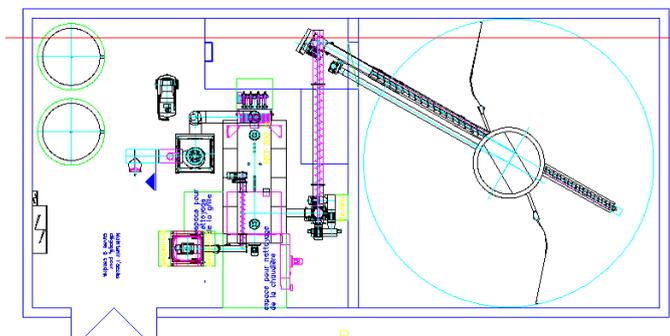
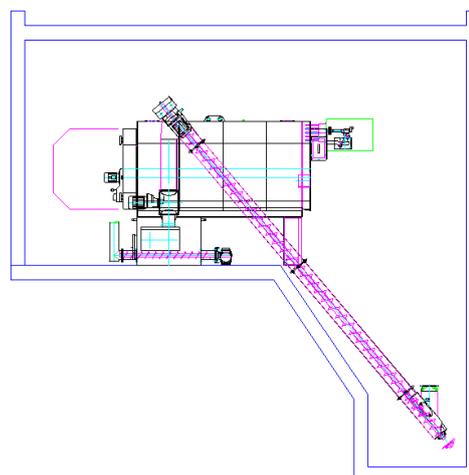


Figure 15 : principe du désilage rotatif

Si le système de désilage est installé en sous-sol par rapport à la chaufferie, une vis de convoyage intermédiaire nécessite l'aménagement d'une trémie accessible pour le passage entre le silo et la chaufferie

Figure 16 : Principe d'une trémie pour le convoyage du bois depuis un silo en sous-sol (source Viessman, Pyrot)



Que le silo soit enterré ou semi enterré, il devra être équipé d'une trappe permettant la livraison du bois.

Dans notre cas de figure, la trappe sera non carrossable. Le silo sera livré par bennage en marche arrière par camion ou remorque agricole.



Figure 17 : Exemples de trappes de silo non carrossables

#### IV.2.5. DIMENSIONNEMENT DU SILO

La taille du silo doit permettre une autonomie minimum d'une semaine en plein hiver.

Le dimensionnement proposé tient compte d'un compromis entre l'investissement et les volumes des engins de livraison utilisés.

	Scénario A	Scénarios B et C
<b>Diamètre du dessileur rotatif</b>	6 m	5 m
<b>Dimensions du silo (+ trémie remontée vis)</b>	6m x 6m (+1 m)	5 m x 5 m (+1 m)
<b>Hauteur minimum utile</b>	2.5 m	2.5 m
<b>Volume en eau</b>	90 m <sup>3</sup>	63 m <sup>3</sup>
<b>Volume utile</b>	63 m <sup>3</sup>	44 m <sup>3</sup>
<b>Autonomie en Hiver</b>	16 jours	13 jours
<b>Nombre de livraisons estimées par an</b>	11	15

Tableau 18 : silo et autonomie en bois

#### IV.2.6. DECENDRAGE ET DEPOUSSIERAGE

La combustion du bois génère :

- Des cendres sous foyer
- Des cendres « volantes » récupérées au niveau des différents systèmes de dépoussiérage.

Le décendrage est réalisé automatiquement par vis sans fin : les cendres sont stockées dans un ou plusieurs bacs à cendres.

La production de cendres attendues pour les scénarios étudiés est présentée dans le tableau suivant :

	Scénario A	Scénarios B et C
Consommation prévisionnelle de bois	155 t	140 t
Production de cendres	3.1 t	2.8 t

## IV.2.7. TRAITEMENT DES FUMÉES

Le traitement des fumées doit être envisagé avec deux objectifs :

- La conformité aux normes en vigueur
- La conformité aux exigences imposées pour être éligible au Plan bois énergie Bretagne.

Dans les 3 scénarios, la chaufferie présentera une puissance inférieure à 2 MW, elle ne sera donc pas classée au titre des ICPE.

Aucun dispositif spécifique n'est requis compte-tenu de la puissance envisagée.

## IV.3. RESEAU DE CHALEUR

### IV.3.1. TUBES ISOLES-RAPPELS TECHNIQUES

Les bâtiments sont reliés à la chaufferie centralisée grâce à un réseau de **tubes isolés** enterrés : la qualité des tubes conditionne les pertes thermiques du réseau lors de son fonctionnement.

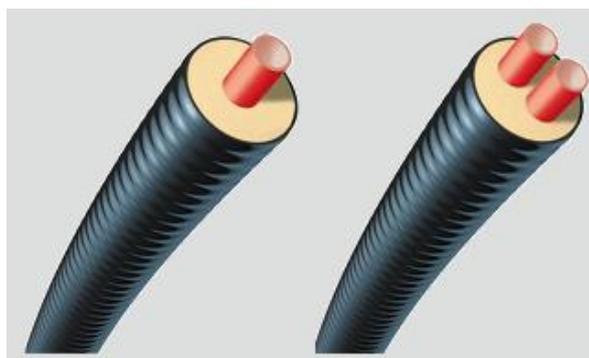


Figure 18 : tubes caloporteurs isolés (source Brugg)

Ces tubes sont constitués :

- d'un tube caloporteur en polyéthylène ou polybutène
- d'une mousse isolante en polyéthylène ou polyuréthane
- d'une gaine de protection en polyéthylène

Pour les petites diamètres (jusqu'au DN 50) il est possible d'utiliser des systèmes bitube qui permettent de minimiser les pertes thermiques, la largeur des tranchées et qui sont économiquement plus intéressants.

Pour les diamètres supérieurs au DN 50, il convient d'utiliser du **monotube** qui oblige à installer deux longueurs de tuyaux (Aller-retour) pour un même tronçon de réseau.

#### Pose en enterré

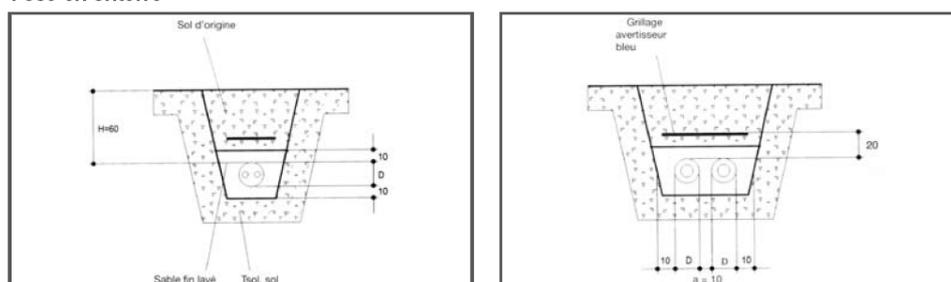
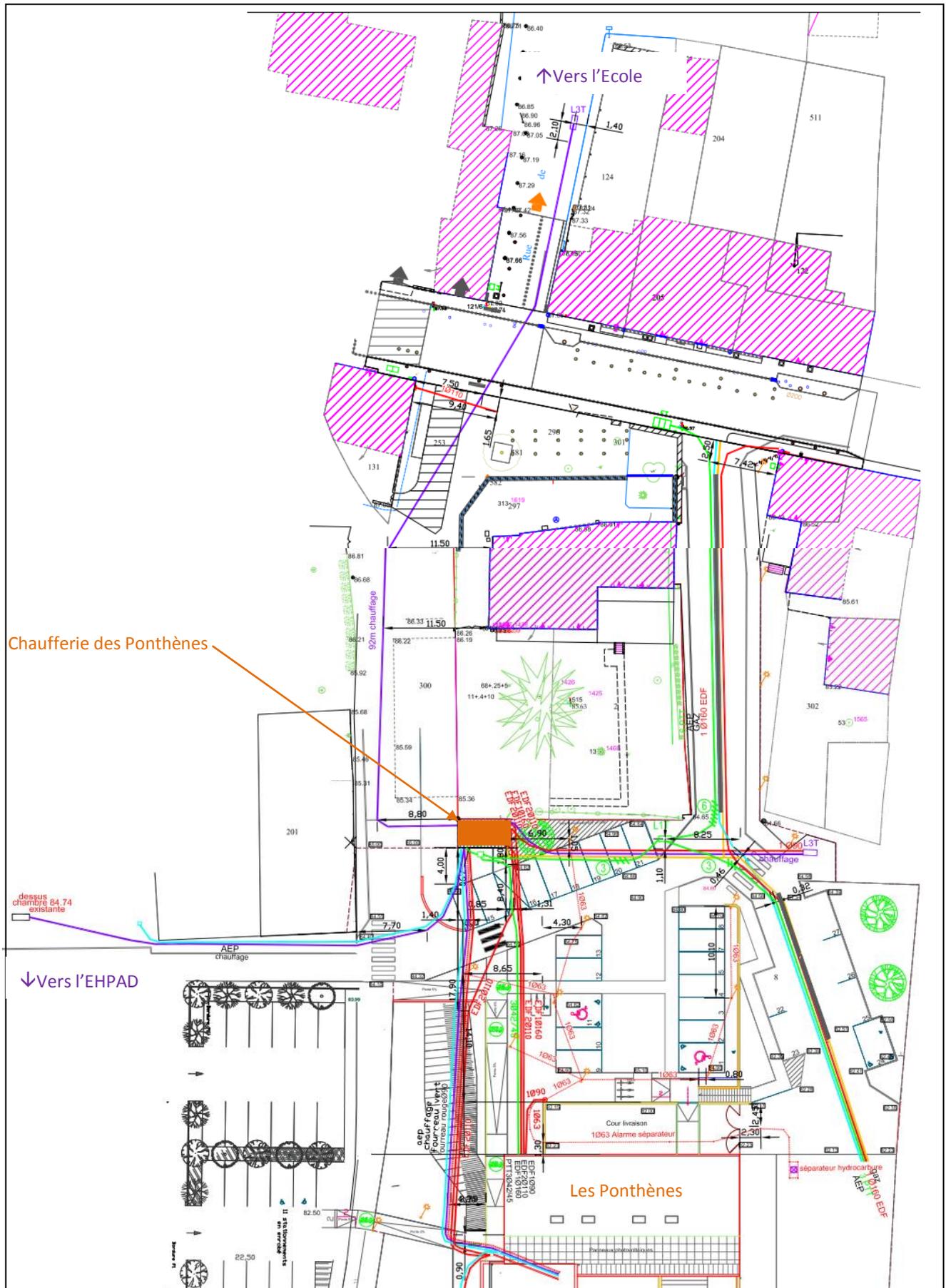


Figure 19 : exemple de pose de tubes caloporteurs

### IV.3.2. RESEAU EXISTANT

Un linéaire de réseau a été installé en attente. Il est figuré en violet sur le plan ci-dessous.



Le tableau suivant décrit les tronçons installés

Tronçons Existants	Longueur (ml)	Section	référence	Attente
<b>Chaufferie Ponthènes vers EHPAD</b>	≈112 ml	2 Monotube DN63		Devant la chaufferie de l'EHPAD
<b>Chaufferie Ponthènes vers Les Ponthènes</b>	≈45ml	1 Bitube DN 40	Microflex Duo	Arrivée en sous-station
<b>Chaufferie Ponthènes vers l'Ecole</b>	≈95ml	1 Bitube DN 32	Rauvitherm-Rehau	Rue de l'école
<b>Chaufferie Ponthènes –vers Est</b>	≈45ml	1 Bitube DN 32	Rauvitherm-Rehau	Est des Ponthènes

Tableau 19 : tronçons de réseau existant

### IV.3.3. RESEAUX A INSTALLER

Les deux tronçons restant à installer sont les suivants :

- ✓ attente Rue de l'école vers chaufferie de l'école
- ✓ attente devant l'EHPAD vers la chaufferie de l'EHPAD (traversée de mur)

Tronçons à créer	Longueur (ml)	Section indicative
<b>Attente devant EHPAD vers EHPAD</b>	≈3ml	2 Monotubes DN63
<b>Attente Rue de l'Ecole vers Ecole</b>	≈105ml	1 Bitube DN 32

Tableau 20 : tronçons de réseau à créer

Ils figurent en rouge sur le plan ci-dessous :

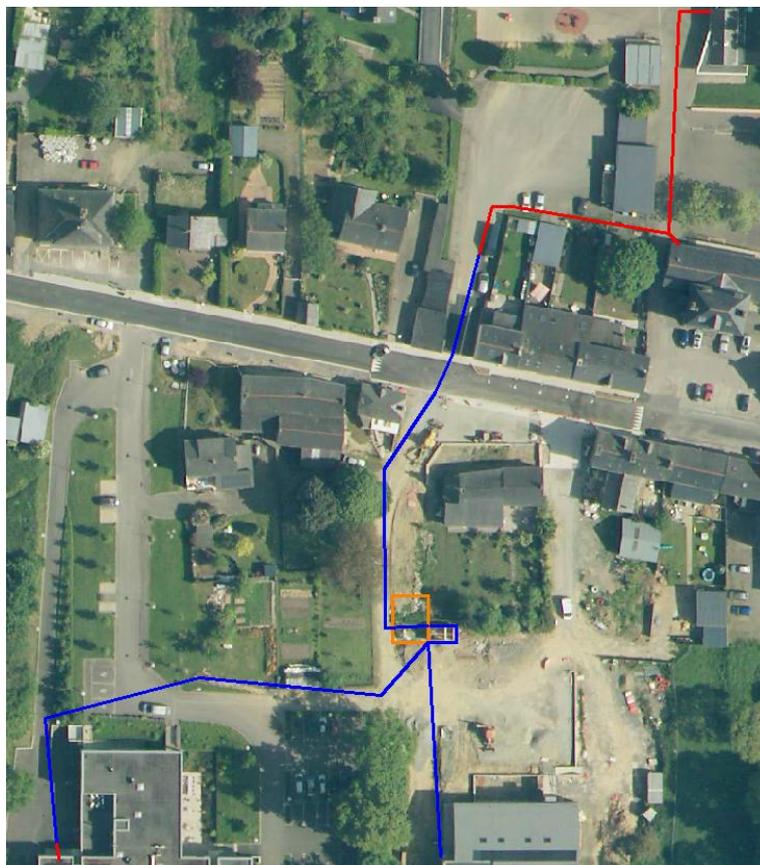


Figure 20 : schéma du réseau existant-(bleu) et des tronçons à créer (rouge)

#### IV.3.4. SOUS-STATIONS

Le raccordement du réseau de chaleur au circuit secondaire (émission) des bâtiments se fait grâce à une sous-station, équipée d'un échangeur de chaleur : dans ce cas, le circuit primaire et le secondaire sont dissociés au niveau de l'échangeur.

Cette solution est adaptée à un réseau de chaleur desservant plusieurs usagers.

En plus de ces matériels d'échange, la sous-station devra comporter :

- des vannes d'isolement et d'équilibrage
- un système de comptage de chaleur
- les outils de régulation
- éventuellement les accessoires de télégestion.

#### IV.3.5. BILAN DU ENERGETIQUE DU RESEAU DE CHALEUR

Le tableau suivant montre le bilan de fonctionnement du réseau de chaleur dans sa totalité :

longueur (m)	354 m
<i>pertes hiver</i>	<i>63 225 kWh/an</i>
<i>pertes « été »</i>	<i>33 kWh/an</i>
pertes totales	63 259 kWh/an
besoins utiles (kWh/an)	366 784 kWh/an
<b>densité de réseau: MWhutiles/ml de tranchée/an</b>	<b>1036 MWh/ml</b>

Tableau 21 : Bilan énergétique du réseau de chaleur

Le coût de fonctionnement du réseau selon nos hypothèses est de 1580 € HT/an la 1<sup>ère</sup> année.

Cette faible densité énergétique est liée au fait que les bâtiments sont récents et donc relativement peu consommateurs d'énergie.

## IV.4. CONSOMMATION PREVISIONNELLE DE COMBUSTIBLE

### IV.4.1. SCENARIO A : 100% BOIS DECHIQUETE

Le tableau suivant présente la consommation prévisionnelle en combustible incluant les composantes de pertes réseau, de rendement et de taux de couverture de la chaudière bois.

Les consommations « été » correspondent à la période de chauffage rallongée de l'EHPAD par rapport aux autres bâtiments.

Le rendement de génération est dégradé pour prendre en compte la moindre modularité de puissance

	<b>A-100%BOIS D.</b>	
	<b>hiver</b>	<b>été</b>
<b>Taux de couverture chaudière bois</b>	<b>100.0%</b>	<b>100.0%</b>
Besoins thermiques entrée bâtiments	357 764 kWh	9 020 kWh
pertes réseau de chaleur	63 225 kWh	33 kWh
<b>Besoins totaux sortie chaufferie bois</b>	<b>420 989 kWh</b>	<b>9 054 kWh</b>
<b>BOIS</b>	<b>hiver</b>	<b>été</b>
Energie sortie chaufferie bois	420 989 kWh	9 054 kWh
<i>Rendement de génération bois</i>	<i>90%</i>	<i>85%</i>
Energie entrée chaufferie bois	467 765 kWh	10 651 kWh
<b>TOTAL BOIS</b>	<b>478 417 kWh</b>	
<b>APPOINT GAZ</b>	0 kWh	0 kWh
<i>Rendement de génération Gaz</i>	<i>98%</i>	<i>98%</i>
Energie entrée chaufferie	0 kWh	0 kWh
<b>TOTAL APPOINT GAZ</b>	<b>0 kWh</b>	
taux de couverture global bois	100.0%	
<b>Rendement global du réseau de chaleur</b>	<b>76.7%</b>	
<b>Besoins en combustible plaquettes</b>	<b>153 tonnes</b>	
<b>soit en map</b>	<b>465 m3</b>	
<b>TEP sortie chaudière bois (subv)</b>	<b>36 tep</b>	

Tableau 22 : A-consommation prévisionnelle de combustible

Le scénario A nécessiterait l'approvisionnement de **153 tonnes de bois déchiqueté soit 465 map** (m<sup>3</sup> apparent plaquettes).

L'énergie fournie en sortie de chaudière bois est équivalente à **36 tep**.

#### IV.4.2. SCENARIO B : BOIS + APPOINT GAZ CENTRALISE

Le tableau suivant présente la consommation prévisionnelle en combustible incluant les composantes de pertes réseau, de rendement et de taux de couverture de la chaudière bois.

Les consommations « été » correspondent à la période de chauffage rallongée de l'EHPAD par rapport aux autres bâtiments.

Le rendement de génération est fixé à sa valeur nominale car le dimensionnement permet d'optimiser l'exploitation de la chaudière à sa puissance nominale.

Le rendement de génération des chaudières gaz en appoint est élevé puisque la chaudière d'appoint/secours est considérée neuve.

	<b>B -Bois&amp;G Appoint Centralisé</b>	
	<b>hiver</b>	<b>été</b>
<b>Taux de couverture chaudière bois</b>	<b>95.0%</b>	<b>0.0%</b>
Besoins thermiques entrée bâtiments	357 764 kWh	9 020 kWh
pertes réseau de chaleur	63 225 kWh	33 kWh
<b>Besoins totaux sortie chaufferie bois</b>	<b>420 989 kWh</b>	<b>9 054 kWh</b>
<b>BOIS</b>	<b>hiver</b>	<b>été</b>
Energie sortie chaufferie bois	399 939 kWh	0 kWh
<i>Rendement de génération bois</i>	93%	93%
Energie entrée chaufferie bois	430 042 kWh	0 kWh
<b>TOTAL BOIS</b>	<b>430 042 kWh</b>	
<b>APPOINT GAZ</b>	21 049 kWh	9 054 kWh
<i>Rendement de génération Gaz</i>	98%	98%
Energie entrée chaufferie	21 479 kWh	9 238 kWh
<b>TOTAL APPOINT GAZ</b>	<b>30 717 kWh</b>	
taux de couverture global bois	93.3%	
<b>Rendement global du réseau de chaleur</b>	<b>79.6%</b>	
<b>Besoins en combustible plaquettes</b>	<b>138 tonnes</b>	
<b>soit en map</b>	<b>418 m3</b>	
<b>TEP sortie chaudière bois (subv)</b>	<b>34 tep</b>	
Besoin en combustible Gaz	<b>30 717 kWh</b>	

Tableau 23 : B- consommation prévisionnelle de combustible

Le scénario B nécessiterait l'approvisionnement de **138 tonnes de bois déchiqueté soit 418 map** (m<sup>3</sup> apparent plaquettes) équivalent à **34 tep**.

L'appoint serait assuré grâce à la consommation de **30 717 kWh de gaz naturel**.

### IV.4.3. SCENARIO C : BOIS +APPOINT GAZ DECENTRALISE

Le tableau suivant présente la consommation prévisionnelle en combustible incluant les composantes de pertes réseau, de rendement et de taux de couverture de la chaudière bois.

Les consommations « été » correspondent à la période de chauffage rallongée de l'EHPAD par rapport aux autres bâtiments.

Le rendement de génération est fixé à sa valeur nominale car le dimensionnement permet d'optimiser l'exploitation de la chaudière à sa puissance nominale.

Le rendement de génération des chaudières gaz est minoré puisque l'appoint est assuré en partie par des chaudières existantes.

	<b>C-Bois&amp;G appoint décentralisé</b>	
	<b>hiver</b>	<b>été</b>
<b>Taux de couverture chaudière bois</b>	<b>95.0%</b>	<b>100.0%</b>
Besoins thermiques entrée bâtiments	357 764 kWh	9 020 kWh
pertes réseau de chaleur	63 069 kWh	33 kWh
<b>Besoins totaux sortie chaufferie bois</b>	<b>420 832 kWh</b>	<b>9 054 kWh</b>
<b>BOIS</b>	<b>hiver</b>	<b>été</b>
Energie sortie chaufferie bois	399 791 kWh	9 054 kWh
<i>Rendement de génération bois</i>	93%	93%
Energie entrée chaufferie bois	429 882 kWh	9 735 kWh
<b>TOTAL BOIS</b>	<b>439 617 kWh</b>	
<b>APPOINT GAZ</b>	21 042 kWh	0 kWh
<i>Rendement de génération Gaz</i>	95%	95%
Energie entrée chaufferie	22 149 kWh	0 kWh
<b>TOTAL APPOINT GAZ</b>	<b>22 149 kWh</b>	
taux de couverture global bois	95.2%	
<b>Rendement global du réseau de chaleur</b>	<b>79.4%</b>	
<b>Besoins en combustible plaquettes</b>	<b>141 tonnes</b>	
<b>soit en map</b>	<b>427 m3</b>	
<b>TEP sortie chaudière bois (subv)</b>	<b>36 tep</b>	
Besoin en combustible Gaz		<b>22 149 kWh</b>

Tableau 24 : C- consommation prévisionnelle de combustible

Le scénario C nécessiterait l'approvisionnement de **141 tonnes de bois déchiqueté soit 427 map** (m<sup>3</sup> apparent plaquettes) équivalent à **36 tep**.

L'appoint serait assuré grâce à la consommation de **22 149 kWh de gaz naturel**.

Les pertes du réseau de chaleur sont très peu impactées par cette solution.

En effet, les tubes caloporteurs sont bien isolés, d'où une très faible réduction de température sur de petites longueurs de réseau (de l'ordre de 0.5°C sur 100 m).

La réduction de débit induite par un départ à T constante dans le cas d'un appoint décentralisé n'a donc que très peu d'impact sur la réduction des pertes.

## V. RESSOURCE EN BOIS

---

Plusieurs prestataires seraient susceptibles d’approvisionner en bois déchiqueté un projet à Guipel : outre le prix et la qualité du combustible, le type de ressource mobilisée et l’impact sur les emplois locaux peuvent rentrer dans la réflexion.

Ainsi, des fournisseurs de taille industrielle peuvent être cités :

- Biocombustible SA, entreprise de la filière bois dispose d’une plateforme dans le nord de l’Ille et Vilaine
- La Scic ENR du pays de Rance située sur le Pays de Dinan valorise du bois bocager et forestier

Un collectif d’agriculteurs s’est par ailleurs constitué en Ille-et-Vilaine, le **Collectif Bois énergie35**, permettant de structurer l’offre en bois déchiqueté d’origine bocagère produit par des groupes locaux d’agriculteurs.

D’autre part, l’association AILE a réalisé en 2012, dans le cadre de sa mission d’animation du Plan bois énergie Bretagne, une étude prospective sur l’état de la ressource bretonne en bois et son évolution dans les années à venir.

Les principales conclusions de ce travail sont les suivantes :

- Le gisement bois plaquette régional est estimé à 550 000 t/an, le gisement sur lequel se porte l’enjeu de mobilisation est situé en forêt
- Le gisement de plaquettes agricole est loin d’être mobilisé à son optimum (gisement évalué à 170 000 t/an contre une mobilisation actuelle de 10 000 t/an)
- La mobilisation de bois plaquette est actuellement à un tournant dû aux projets mobilisant d’importants tonnages (réseaux urbains, projets de cogénération) : **la mobilisation de bois énergie sur des chaufferies de petite et moyenne capacité (jusqu’à 4000 t de bois par an) ne met pas en péril la ressource régionale. C’est l’un des leviers importants de positionnement des collectivités sur les énergies renouvelables.**
- La mobilisation de la ressource agricole notamment pour l’alimentation de projets en collectivités via des plateformes locales reste pertinente.

D’une manière générale, le Plan Bois énergie Bretagne a pour objectif de favoriser une mobilisation équilibrée des ressources (forêt, industrie, bocage), de manière à favoriser un développement pérenne de la filière d’approvisionnement.

## VI. HYPOTHESES ECONOMIQUES COMMUNES, RAPPELS SUR LES COUTS D'EXPLOITATION.

### VI.1. MODALITES D'EMPRUNT

Nous avons considéré un emprunt à un taux de 2.5% sur 20 ans pour la réalisation du projet.

### VI.2. SUBVENTIONS

#### VI.2.1. LE FOND CHALEUR

Le **Fond chaleur** est un dispositif de financement dédié aux installations d'énergies renouvelable. Géré par l'ADEME depuis 2009, il est destiné à l'habitat collectif, aux collectivités et aux entreprises.

Il a pour objectif de :

- financer les projets de production de chaleur à partir d'énergies renouvelables et de récupération d'énergie (EnR&R) ainsi que les réseaux de chaleur liés à ces installations. Ces aides financières permettent à la chaleur renouvelable d'être compétitive par rapport à celle produite à partir d'énergies conventionnelles ;
- Favoriser l'emploi et l'investissement dans ces différents secteurs d'activité ;
- Expérimenter de nouveaux champs (thématique émergente, méthodologie) pour une meilleure mobilisation des EnR, en vue de leur généralisation.

Pour les installations biomasse, il intervient à partir de 100 tep/an valorisées aux niveaux suivant :

	FOND CHALEUR -BIOMASSE
<b><u>Energie substituée :</u></b>	
100 à 250 TEP	1750 €/TEP
251 à 500 TEP	1205 €/TEP
<b><u>Conditions</u></b>	
<b><u>Réseau de chaleur</u></b>	60% du coût du réseau

Tableau 25 : Financements du Fond Chaleur

Les scénarios étudiés permettent de valoriser moins de 100 tep/an, **le fond chaleur ne sera donc pas mobilisable.**

## VI.2.2. LE PLAN BOIS ENERGIE BRETAGNE

Mis en place dès 1995, le Plan bois énergie Bretagne est issu d'un partenariat entre l'Ademe, le Conseil régional et les quatre Départements bretons.

Le programme a été reconduit pour la quatrième fois en 2015, pour la période 2015 -2020.

L'association Aile, dans le cadre du Plan bois énergie Bretagne, accompagne les maîtres d'ouvrage dans leur projet de chaufferie bois.

	Maîtrise d'ouvrage	AIDE PLAN BOIS ENERGIE BRETAGNE
<b>Energie substituée :</b>		
0 à 100 TEP	Publique	2 200€/TEP
0 à 100 TEP	Logements sociaux	3 300€/TEP
<b>Critères d'éligibilité</b>	Démarche de maîtrise de l'énergie sur els bâtiments Gestion durable de la ressource Temps de fonctionnement : 1500 h/an mini Densité de réseau mini : 1 MWh/ml/an Chaudière conforme à la classe 5 de la norme NF EN 303-5	
<b>Réseau de chaleur</b>		50% du coût du réseau

Tableau 26 : financements du Plan bois énergie Bretagne

L'aide considérée dans l'étude est donc de **2 200 €/TEP sortie chaudière et de 50% du coût du réseau.**

Les tranchées et tubes caloporteurs déjà posés ne sont pas éligibles à l'aide.

## VI.1. REGIMES DE TVA A PRENDRE EN COMPTE

Dans la mesure où deux entités juridiques différentes sont impliquées dans le projet –la commune et la communauté de communes- il sera nécessaire de mettre en place un mode de gestion du service publique avec vente de chaleur.

Sans présumer du mode de gestion choisi, et dans la mesure où ce réseau de chaleur sera vertueux, il pourra bénéficier de la récupération de TVA sur les investissements et les charges de fonctionnement du réseau.

L'énergie (R1) et l'abonnement (R2) seront facturés à une TVA de 5.5% à l'utilisateur (cf. § suivant).

Les prix des énergies sont donc donnés hors TVA puisque c'est la facturation finale à l'utilisateur sur laquelle s'applique la TVA.

## VI.2. PRIX DES ENERGIES

### VI.2.1. GAZ NATUREL : L'ENERGIE DE REFERENCE

Les contrats à prix de marché ont fait évoluer la structuration du prix du gaz naturel, par rapport à celle des tarifs régulés.

Le tableau suivant présente pour information cette structuration avec les modalités de taxation appliquées.

	Montant HT	TVA	
<b>Consommation prix kWh</b>	€/kWh	20.0%	<b>&lt;- Prix de l'énergie</b>
Abonnement	€/mois	5.5%	
<b>Acheminement</b>			
Acheminement ATRT		5.5%	
Acheminement ATRD		5.5%	
terme fixe ATRD		5.5%	
terme variable ATRD	Montant HT	20.0%	
<b>Prestations techniques</b>			
		20.0%	
<b>Taxes et contibutions</b>			
TICGN	€/kWh	20.0%	
CTA Transport&distribution	€/kWh	5.5%	
contribution TSS	€/kWh	20.0%	
contribution biométhane	€/kWh	20.0%	
	Montant HTVA		<b>Montant TTC</b>

ATRD : Accès des Tiers aux Réseaux de Distribution

ATRT : Accès des Tiers aux Réseaux de Transport

TSS : Tarif Spécial de Solidarité

TICGN : Taxe Intérieure de Consommation sur le Gaz Naturel

**Le prix de l'énergie « brut » n'est qu'une composante de la facture** : un coefficient de 1.2 à 1.4 doit donc être appliqué pour obtenir le prix Hors TVA.

La TVA s'applique ensuite sur le montant HTVA pour obtenir le prix TTC.

Les conditions de contractualisation variant pour chaque usager, notre hypothèse tient compte de l'analyse des factures à prix de marché en notre possession pour chaque usager.

Le tableau suivant présente les prix des énergies actuellement en vigueur pour chaque usager.

	Prix du gaz €/MWh HTVA	Prix du gaz €/MWh TTC
<b>Maison de la Vallée Verte</b>	51.43	61.29
<b>Les Ponthènes</b>	48.21	56.48
<b>Groupe Scolaire</b>	53.77	63.00

Tableau 27 : Prix du gaz actuel des abonnés

Les équipements publics bénéficient tous d'un contrat à prix de marché dont les conditions sont différentes.

Le prix de référence considéré pour le gaz dans les scénarios est celui de l'EHPAD soit **51.43 €/MWh HTVA**.

### VI.2.1. ELECTRICITE

---

Le prix de l'électricité est présenté dans le tableau suivant.

	Prix de l'électricité €/MWh HTVA	Prix de l'électricité €/MWh TTC
<b>Classes (Ancienne Cantine)</b>	121.42	145.70
<b>Logement</b>	121.42	145.70

Tableau 28 : Prix de l'électricité

Nous avons considéré ce tarif pour le poste P'1 (consommation d'électricité pour le fonctionnement de la chaufferie).

### VI.2.2. BOIS DECHIQUETE

---

L'étude a considéré du bois déchiqueté composé d'un mélange d'essences avec :

- un taux d'humidité de 35% maximum
- un PCI de **3 120 kWh/tonne**
- soit une énergie volumique de 1 030 kWh/map.

Le prix moyen considéré est de **78 € HTVA/tonne** livrée soit **25 €/MWh HTVA** entrée chaufferie.

## VI.3. RAPPEL SUR LES COÛTS D'EXPLOITATION

### VI.3.1. CAS D'UNE CHAUFFERIE DEDIEE

Dans le cas d'une chaufferie dédiée, sans vente de chaleur, les coûts d'exploitation annuels des chaufferies se décomposent selon la répartition suivante :

<b>P1</b>	combustible
<b>P2</b>	Entretien courant de la chaufferie
<b>P3</b>	Provisions pour gros entretien et renouvellement du matériel
<b>P4</b>	Investissement ramené à ses annuités.

Le poste P1 peut contenir plusieurs composantes, en fonction du type d'énergie utilisée :

	Chaufferie biomasse appoint gaz	Chaufferie Gaz
<b>P1</b>	<b>P1 bois</b>	P1 gaz
	<b>P1 gaz</b>	
	<b>P'1 électricité</b>	P'1 électricité

En général, les collectivités ne provisionnent pas de P3 et ont recours à l'investissement pour le P4.

Les postes P1 et P2 sont alors prélevés sur le budget de fonctionnement, le poste P4 sur le budget investissement.

### VI.3.2. CAS D'UN RESEAU DE CHALEUR

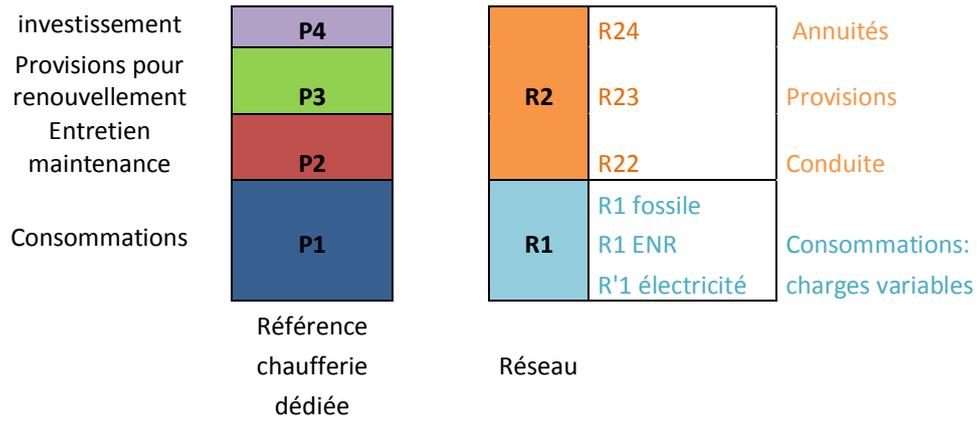
Dans le cas d'un réseau de chaleur, le prix de la chaleur se décompose différemment :

Chaufferie dédiée		Réseau de chaleur	
<b>P1</b>	combustible	<b>R1</b>	
<b>P2</b>	Entretien courant de la chaufferie	R22	<b>R2</b>
<b>P3</b>	Provisions pour gros entretien et renouvellement du matériel	R23	
<b>P4</b>	Investissement ramené à ses annuités.	R24	

La **composante R1** du prix correspond à la consommation de combustible : elle est donc facturée en **€/kWh**.

La **composante R2** est l'abonnement de l'utilisateur : c'est la part fixe du prix de l'énergie proportionnelle à la puissance souscrite par l'utilisateur : elle est facturée en **€/kW souscrit**.

La figure suivante illustre la structure de répartition des charges, permettant de comparer la référence aux scénarios réseau :



## VII. APPROCHE JURIDIQUE

---

### VII.1. NOTION JURIDIQUE DE RESEAU DE CHALEUR

---

A partir du moment où au moins deux bénéficiaires d'un réseau de chaleur sont des entités juridiques différentes, on parle de réseau de chaleur au sens juridique du terme.

C'est le cas ici puisque les bénéficiaires du réseau seraient la ville de Guipel, la communauté de communes du Val d'Ille et le locataire du logement.

Néanmoins, il n'y a pas de définition officielle précisant clairement les caractéristiques et les contours d'un service public de distribution d'énergie calorifique.

On parle cependant couramment de réseau de chaleur urbain dès lors que « le propriétaire de la chaufferie vend de la chaleur à plusieurs clients, dont l'un au moins n'est pas le propriétaire, par l'intermédiaire d'une canalisation de transport de chaleur empruntant au moins partiellement le domaine public ».

### VII.2. SERVICE PUBLIC DE DISTRIBUTION D'ENERGIE CALORIFIQUE

---

La vente de chaleur à des tiers dans le cadre d'un réseau de chaleur urbain implique la mise en place d'un **service public industriel et commercial de production et distribution d'énergie calorifique**.

La loi n°2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte donne compétence aux communes en matière de création et d'exploitation de réseaux de chaleur et de froid, cette compétence pouvant être transférée par la commune à un établissement public dont elle fait partie

Il s'agit toutefois d'une compétence optionnelle (la collectivité n'est pas tenue de l'assumer) et le service public de distribution d'énergie calorifique est facultatif pour l'utilisateur (il n'y a pas d'obligation de raccordement, sauf cas particulier d'un réseau classé).

L'exercice de cette compétence peut schématiquement se décomposer en trois volets :

- l'organisation du service,
- le financement et la réalisation des investissements,
- l'exploitation du service.

Afin de gérer ce réseau (on en dénombre environ 450 en France) les collectivités locales ont compétence pour créer un service public local de production et de distribution d'énergie calorifique sous forme de **Service Public Industriel et Commercial (SPIC)**.

### VII.3. MODES DE GESTION DU SERVICE PUBLIC

---

**La collectivité est libre quant à son choix du mode de gestion, suivant les objectifs qu'elle s'est fixée** : transfert de compétence, continuité du service, amélioration de l'efficacité du service, protection de l'environnement, contrôle des coûts, transparence dans la gestion du réseau.

Le tableau suivant résume les rôles des collectivités en fonction du mode de gestion choisi.

Mode de gestion	Directe		Indirecte	
	Régie	Mixte	Affermage	Concession
Financement des ouvrages	Collectivité locale	Collectivité locale	Collectivité locale	Entreprise
Responsabilité des travaux	Collectivité locale	Collectivité locale	Collectivité locale	Entreprise
Exploitation technique (personnel)	Collectivité locale	Entreprise / Collectivité locale	Entreprise	Entreprise
Gestion de la facturation	Collectivité locale	Collectivité locale	Entreprise	Entreprise
<b>Durée des contrats</b>	<b>Sans objet</b>	<b>Durée courte</b>	<b>12 à 16 ans</b>	<b>20 à 24 ans</b>

Tableau 29 : implication des acteurs en fonction du mode de gestion

La collectivité choisira donc le mode de gestion qui est compatible avec le temps et les moyens qu'elle est prête à dédier au réseau de chaleur.

La concession est par exemple un mode de gestion qui permet à la collectivité de déléguer entièrement l'investissement dans le réseau de chaleur.

Si la collectivité souhaite garder la main sur les travaux et faire appel à un exploitant, elle pourra voir recours à une régie avec marché d'exploitation.

Le tableau suivant présente la « gradation » des modalités d'exploitation du réseau de chaleur.

Gestion directe	N° 1	Régie avec conduite et entretien courant assurés par du personnel en propre	Fréquent
	N° 2a	Régie avec marché d'exploitation	Contrat de type P2
	N° 2b		Contrat de type P2/P3
	N° 2c		Contrat de type P1/P2
	N° 2d		Contrat de type P1/P2/P3
	N° 3	Régie avec marché de réalisation et d'exploitation ou de maintenance (REM)	Rare
N° 4	Régie avec marché de conception, de réalisation et d'exploitation ou de maintenance (CREM)	Rare	
Gestion déléguée	N° 5	Délégation de service public de type affermage	Occasionnel
	N° 6	Délégation de service public de type concession	Fréquent

Figure 21 : modes d'exploitation du service public (source CIBE)

## VIII. ETUDE ECONOMIQUE DES SCENARIOS

### VIII.1. TRAVAUX PREVUS SUR LES BATIMENTS

#### VIII.1.1. TRAVAUX PREVUS POUR LA REFERENCE

Hors création du réseau de chaleur, nous avons évalué les travaux à mettre en œuvre et les échéances correspondantes, ils sont détaillés dans le tableau suivant :

	REFERENCE	Montant estimé € HT
<b>Maison de la Vallée Verte</b>	remplacement 1 chaudière - 10 ans	10 000 €
<b>Les Ponthènes</b>	remplacement 1 chaudière - 20 ans	4 000 €
<b>Groupe Scolaire</b>	remplacement 1 chaudière - 5 ans	6 000 €
<b>Classes (Ancienne Cantine)</b>	remplacement convecteurs électriques- 10 ans	1 500 €
<b>Logement</b>	remplacement convecteurs électriques- 10 ans	1 500 €
<b>TOTAUX</b>		<b>23 000 €</b>

Tableau 30 : travaux prévus pour la référence

#### VIII.1.2. TRAVAUX PREVUS POUR LA SOLUTION RESEAU DE CHALEUR

L'implantation du réseau de chaleur nécessitera la mise en place d'un système de distribution du chauffage à eau chaude pour le bâtiment qui abrite les classes et le logement.

	SCENARIOS A, B et C	Montant estimé € HT
<b>Maison de la Vallée Verte</b>		
<b>Les Ponthènes</b>		
<b>Groupe Scolaire</b>		
<b>Classes (Ancienne Cantine)</b>	installation distribution eau chaude, dépose convecteurs	9 500 €
<b>Logement</b>	installation distribution eau chaude, dépose convecteurs	9 000 €
<b>TOTAUX</b>		<b>18 500 €</b>

Tableau 31 : travaux prévus pour les solutions réseau de chaleur

## VIII.2. INVESTISSEMENTS

Les estimations d'investissement sont présentées dans le tableau suivant :

	<b>Scénario A</b>	<b>Scénario B</b>	<b>Scénario C</b>
GENIE CIVIL	89 319 €	78 534 €	76 415 €
GENERATION DE CHALEUR	110 525 €	97 228 €	68 028 €
RESEAU ET SOUS-STATIONS	22 410 €	22 410 €	36 230 €
<b>MONTANT DES TRAVAUX € HT</b>	<b>222 254 €</b>	<b>198 172 €</b>	<b>180 673 €</b>
Honoraires Maîtrise d'œuvre	31 116 €	27 744 €	25 294 €
Bureau de Contrôle/SPS	8 890 €	7 927 €	7 227 €
Aléas de chantier	6 668 €	5 945 €	5 420 €
<b>MONTANT DES FRAIS DE CONCEPTION € HT</b>	<b>46 673 €</b>	<b>41 616 €</b>	<b>37 941 €</b>
<b>TOTAL INVESTISSEMENT € HT</b>	<b>268 927 €</b>	<b>239 788 €</b>	<b>218 614 €</b>

Tableau 32 : comparaison des montants d'investissement

L'étude de sol pour le génie civil a été intégrée.

Les adaptations en chaufferie pour le scénario C sont comprises dans le poste réseau et sous stations.

### VIII.3. FINANCEMENTS MOBILISABLES

Le tableau suivant présente les montants mobilisables auprès du Plan Bois énergie Bretagne.

	<b>Scénario A</b>	<b>Scénario B</b>	<b>Scénario C</b>
<b>TOTAL INVESTISSEMENT € HT</b>	<b>268 927 €</b>	<b>239 788 €</b>	<b>218 614 €</b>
PBEB ENERGIE	79 637 €	75 655 €	79 607 €
PBEB RESEAU	11 205 €	11 205 €	18 115 €
<b>TOTAL PBEB</b>	<b>90 842 €</b>	<b>86 860 €</b>	<b>97 722 €</b>
<b>RESTE A FINANCER € HT</b>	<b>178 085 €</b>	<b>152 928 €</b>	<b>120 892 €</b>

Tableau 33 : comparaison des montants de financements

Les montants restant à financer sont compris entre **121 k€ HT et 178 k€ HT**.

### VIII.4. COUTS D'EXPLOITATION, PRIX DE LA CHALEUR

Les coûts d'exploitation hors TVA sont présentés dans le tableau suivant :

	<b>Scénario A</b>	<b>Scénario B</b>	<b>Scénario C</b>
R1 - énergie fossile HT	0 €	1 580 €	1 139 €
R1 - énergie bois HT	11 960 €	10 751 €	10 990 €
R'1 - électricité	1 075 €	1 380 €	1 353 €
R22 - maintenance HT	7 966 €	8 167 €	9 891 €
R23 - gros entretien HT	2 211 €	1 945 €	1 361 €
R24 - annuités avec subventions	11 424 €	9 810 €	7 755 €
<b>Coûts d'exploitation € HT 1ère année</b>	<b>34 635 €</b>	<b>33 633 €</b>	<b>32 489 €</b>
Coût du MWh utile € HT	94.43 €	91.70 €	88.58 €

Tableau 34 : coûts d'exploitation

On en déduit le montant du R1 et du R2 pour chaque scénario, hors TVA :

	<b>Scénario A</b>	<b>Scénario B</b>	<b>Scénario C</b>
<b>R1 €/MWh HTVA</b>	35.54 €	37.37 €	36.76 €
<b>R2 €/kW souscrit HTVA</b>	63.83 €	58.87 €	56.17 €

Tableau 35 : Montants du R1 et du R2

La TVA est ensuite facturée à l'utilisateur final à un taux de 5.5% pour le R1 et 5.5% pour le R2 dans la mesure où le réseau est approvisionné dans chacun des cas à plus de 50% par une énergie renouvelable.

## VIII.5. COMPARAISON DE LA FACTURE ENERGETIQUE POUR CHAQUE USAGER

L'objectif est de comparer la facture énergétique de la situation de référence en chaufferie dédiée (termes P1, P2, P3) avec les scénarios réseau de chaleur (termes R1 et R2).

Cette facture énergétique est calculée pour la 1<sup>ère</sup> année.

### VIII.5.1. FACTURE ENERGETIQUE PAR SCENARIO

#### REFERENCE

	P1-Gaz € TTC	P1-ELEC € TTC	P2 € TTC	P3 € TTC	P4 € TTC	Facture Totale € TTC
<b>Maison de la Vallée Verte</b>	14 176 €		2 220 €	0 €	0 €	16 396 €
<b>Les Ponthènes</b>	2 908 €		120 €	0 €	0 €	3 028 €
<b>Groupe Scolaire</b>	2 863 €		828 €	0 €	0 €	3 691 €
<b>Classes (Ancienne Cantine)</b>		3 606 €	0 €	0 €	0 €	3 606 €
<b>Logement</b>		2 761 €	0 €	0 €	0 €	2 761 €
<b>TOTAUX</b>	<b>19 947 €</b>	<b>6 367 €</b>	<b>3 168 €</b>	<b>0 €</b>	<b>0 €</b>	<b>29 482 €</b>

#### SCENARIO A : 100% BOIS

	P souscrite kW	R2 € TTC	R1 € TTC	Facture Sc. A € TTC
<b>Maison de la Vallée Verte</b>	181	12 202 €	8 455 €	20 657 €
<b>Les Ponthènes</b>	36	2 424 €	2 079 €	4 503 €
<b>Groupe Scolaire</b>	80	5 414 €	1 580 €	6 994 €
<b>Classes (Ancienne Cantine)</b>	23	1 535 €	928 €	2 463 €
<b>Logement</b>	18	1 212 €	711 €	1 923 €
<b>TOTAUX</b>	<b>338</b>	<b>22 788 €</b>	<b>13 752 €</b>	<b>36 540 €</b>

#### SCENARIO B : BOIS & GAZ CENTRALISE

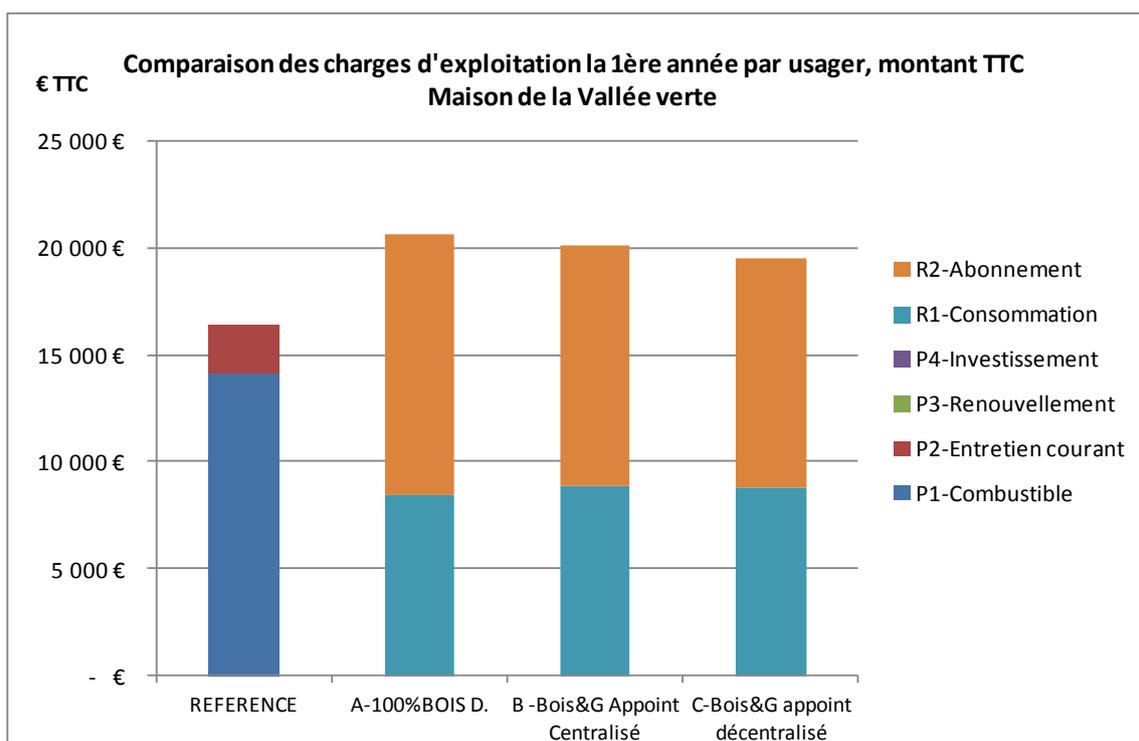
	P souscrite kW	R2 € TTC	R1 € TTC	Facture Sc. B € TTC
<b>Maison de la Vallée Verte</b>	181	11 254 €	8 894 €	20 148 €
<b>Les Ponthènes</b>	36	2 236 €	2 187 €	4 422 €
<b>Groupe Scolaire</b>	80	4 993 €	1 662 €	6 655 €
<b>Classes (Ancienne Cantine)</b>	23	1 416 €	976 €	2 392 €
<b>Logement</b>	18	1 118 €	747 €	1 865 €
<b>TOTAUX</b>	<b>338</b>	<b>21 017 €</b>	<b>14 466 €</b>	<b>35 482 €</b>

## SCENARIO C : BOIS &amp; GAZ DECENTRALISE

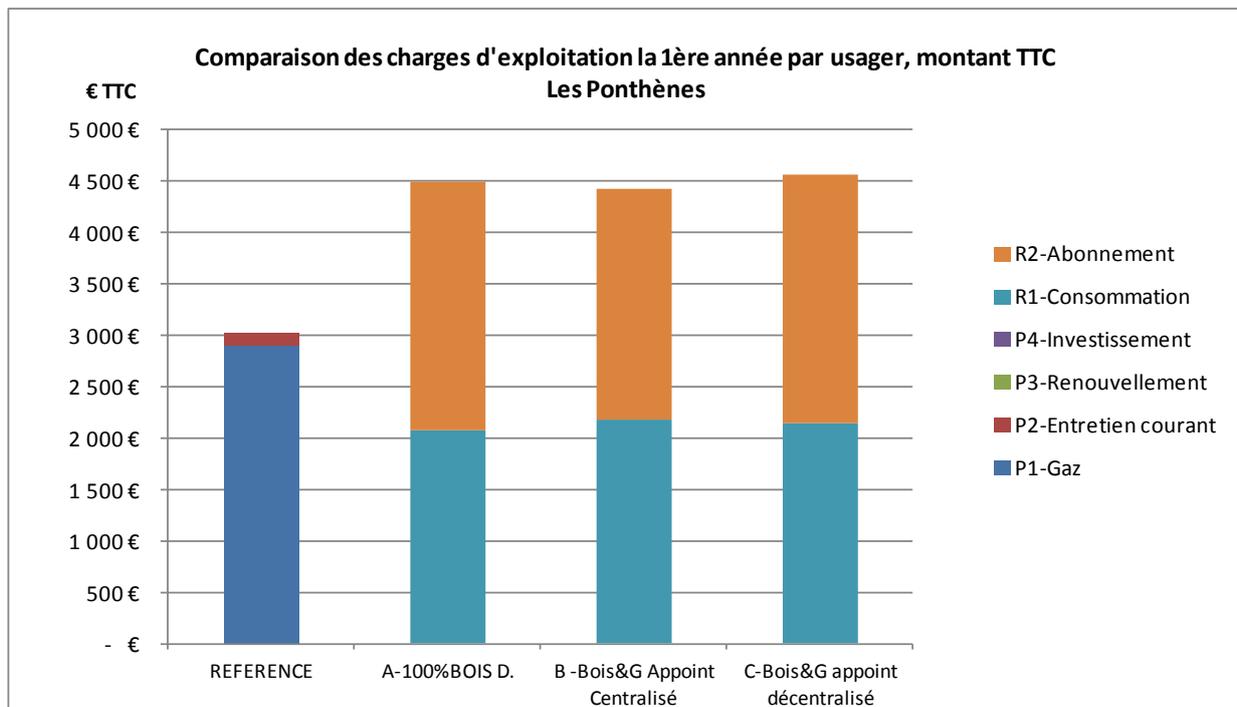
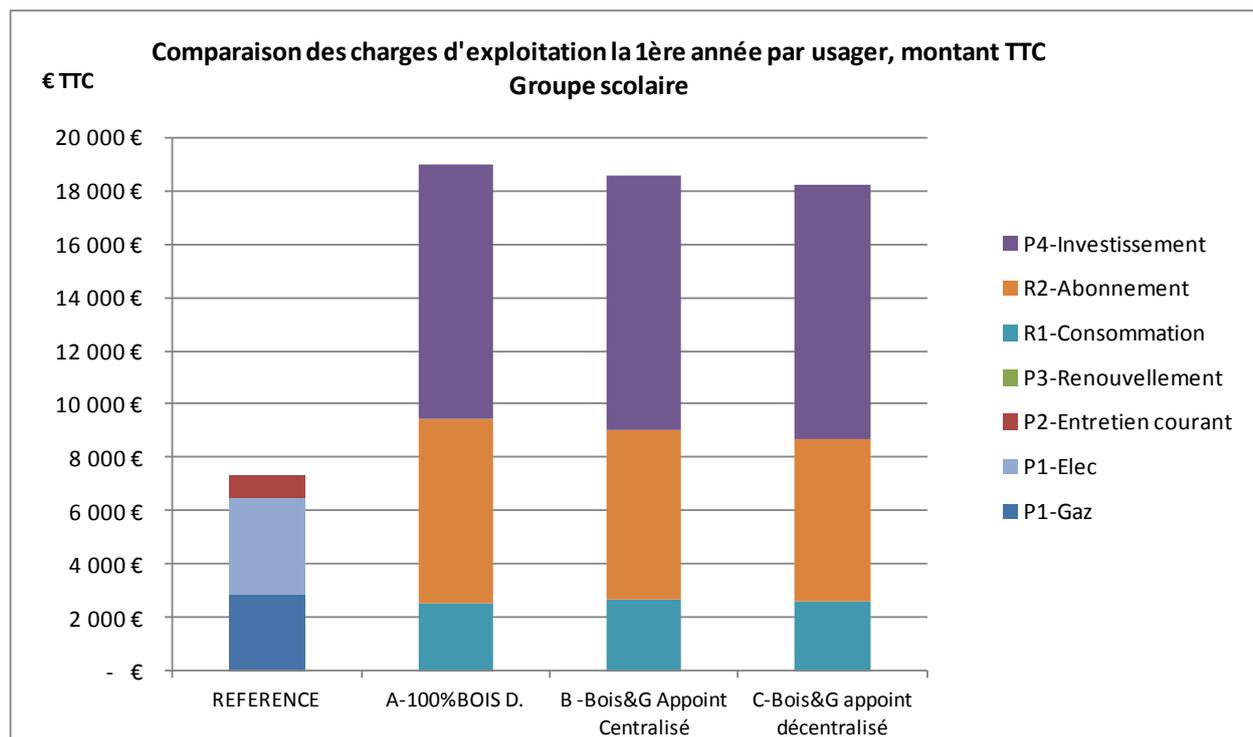
	P souscrite kW	R2 € TTC	R1 € TTC	Facture Sc. C € TTC
<b>Maison de la Vallée Verte</b>	181	10 737 €	8 745 €	19 482 €
<b>Les Ponthènes</b>	36	2 133 €	2 150 €	4 283 €
<b>Groupe Scolaire</b>	80	4 764 €	1 634 €	6 398 €
<b>Classes (Ancienne Cantine)</b>	23	1 351 €	960 €	2 311 €
<b>Logement</b>	18	1 067 €	735 €	1 801 €
<b>TOTAUX</b>	<b>338</b>	<b>20 052 €</b>	<b>14 224 €</b>	<b>34 276 €</b>

## VIII.5.2. COMPARAISON DES SCENARIOS PAR USAGER

Pour faciliter la compréhension, les graphiques suivants illustrent les données précédentes pour chaque usager

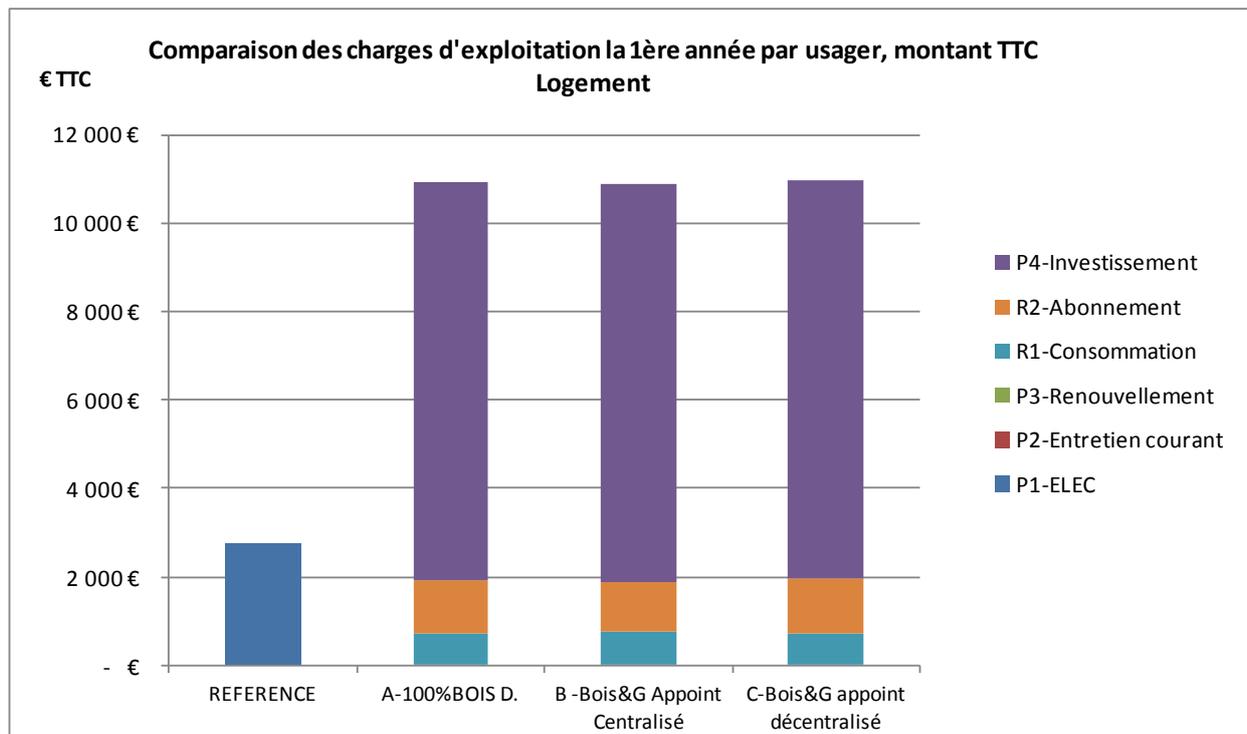


Graphique 4 : EHPAD-Charges d'exploitation, 1<sup>ère</sup> année

Graphique 5 : Les Ponthènes-Charges d'exploitation, 1<sup>ère</sup> annéeGraphique 6 : Groupe scolaire-Charges d'exploitation, 1<sup>ère</sup> année

Le poste P4 figuré sur ce graphique représente l'investissement dédié au passage en réseau de distribution à eau chaude des classes du bâtiment en pierre.

Il est intégré en année 1 mais pourrait aussi être ramené à une annuité pour prendre en compte un financement par l'emprunt.

Graphique 7 : Logement-Charges d'exploitation, 1<sup>ère</sup> année

Le poste P4 figuré sur ce graphique représente l'investissement dédié au passage en réseau de distribution à eau chaude du logement.

Il est intégré en année 1 mais pourrait aussi être ramené à une annuité pour prendre en compte un financement par l'emprunt.

### VIII.5.3. SYNTHÈSE

Ainsi, la première année les trois scénarios ne sont favorables qu'au logement, compte-tenu de nos hypothèses de consommation.

L'approche pluriannuelle intégrant des hypothèses d'inflation du prix des énergies va compléter cette analyse.

## VIII.6. TEMPS DE RETOUR ACTUALISE

### VIII.6.1. CONTEXTE

Le prix du gaz actuel faible, induit par :

- une conjoncture mondiale à la baisse (tensions géostratégiques, gaz de schiste américain)
- l'abandon par les collectivités des tarifs régulés au profit de tarifs de marché plus bas (mais pour combien de temps)

crée une situation de référence très favorable aux énergies fossiles.

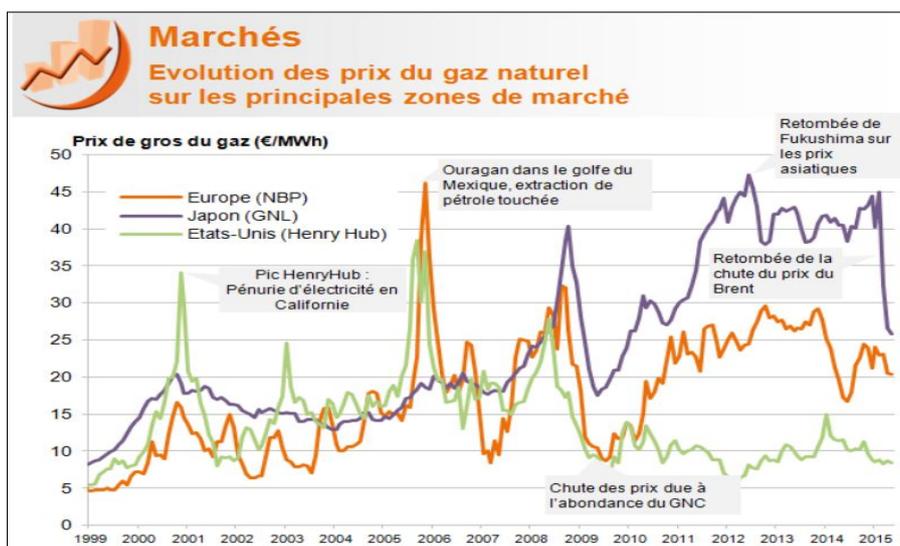


Figure 22 : évolution du prix du gaz naturel par zone de marché (source [www.gasinfofocus.com](http://www.gasinfofocus.com))

S'il est difficile de prévoir les évolutions futures, il est possible de s'appuyer sur la tendance passée qui montraient une évolution tendancielle plutôt proche de 6% par an en moyenne pour ces niveaux de consommations.

Par ailleurs, les négociations actuelles autour de la contribution « climat énergie » laissent penser que cette contribution va évoluer de manière significative : de 7 € HT/t CO<sub>2</sub> en 2014, elle est passée à 14,5 € HT/t de CO<sub>2</sub> en 2015 et atteindra 30.50 € HT/t de CO<sub>2</sub> en 2017.

Cette fiscalité carbone est comprise dans la TICGN (taxe intérieure sur les consommations de gaz naturel).

Il est actuellement difficile de prévoir son impact compte-tenu de la complexité des autres paramètres de facturation.

### VIII.6.2. HYPOTHESES DE TAUX D'INFLATION

Le temps de retour actualisé est le nombre d'année nécessaire pour que la somme des dépenses du scénario étudié devienne inférieure à la somme des dépenses de la référence.

Dans la mesure où la conjoncture est difficilement prédictible, deux tendances d'inflation ont été envisagées :

	Tendance 1	Tendance 2
	Inflation tendancielle faible	Inflation plus forte sur les énergies fossiles
<b>Gaz</b>	4%	5%
<b>Bois</b>	3%	3%
<b>Electricité</b>	2%	3%
<b>Maintenance</b>	2%	2%

Les tableaux suivants présentent par tendance d'inflation, pour chaque scénario de réseau de chaleur et pour chaque usager :

- Les coûts d'exploitation cumulés sur 30 ans (€ TTC)
- Les économies générées par rapport à la référence (€ TTC)
- Le temps de retour actualisé (TRA)

Les investissements sur les installations prévues pour la référence sont pris en compte dans les calculs.

### TENDANCE 1 : GAZ 4%, BOIS 3%, ELECTRICITE 2%

Hypothèses d'inflation: Gaz 4%, Bois 3%, Elec 2%, Maintenance 2%	REFERENCE	A-100%BOIS D.	B -Bois&G Appoint Centralisé	C-Bois&G appoint décentralisé
<b>EHPAD</b>				
Coût sur 30 ans	945 100 €	790 167 €	800 350 €	740 124
<i>Economies/référence</i>		154 933	144 749	204 976
<b>Temps de retour actualisé</b>		20 ans	20 ans	13 ans
<b>Les Ponthènes</b>				
Coût sur 30 ans	181 588 €	176 686 €	180 124 €	165 124
<i>Economies/référence</i>		4 902	1 464	16 464
<b>Temps de retour actualisé</b>		29 ans	30 ans	24 ans
<b>Ecole</b>				
Coût sur 30 ans	365 291 €	345 579 €	343 198 €	326 448
<i>Economies/référence</i>		19 713	22 093	38 843
<b>Temps de retour actualisé</b>		5 ans	5 ans	5 ans
<b>Logement</b>				
Coût sur 30 ans	118 510 €	81 104 €	81 657 €	76 658
<i>Economies/référence</i>		37 406	36 853	41 852
<b>Temps de retour actualisé</b>		9 ans	9 ans	8 ans

Tableau 36 : TRA tendance 1

Dans cette configuration où le gaz augmente peu, l'Ecole et le logement présentent un temps de retour actualisé inférieur à 10 ans, en tenant compte du passage en radiateurs eau chaude

Le bâtiment « Les Ponthènes » trouve un temps de retour compris entre 24 et 30 ans

L'EHPAD un temps de retour au mieux de 13 ans.

C'est le scénario C, appoint secours décentralisé qui est le mieux placé.

Il permet un investissement plus faible au départ puisqu'il réutilise des installations déjà existantes.

## TENDANCE 2 : GAZ 5%, BOIS 3%, ELECTRICITE 3%

Hypothèses d'inflation: Gaz 5%, Bois 3%, Elec 3%, Maintenance 2%	REFERENCE	A-100%BOIS D.	B -Bois&G Appoint Centralisé	C-Bois&G appoint décentralisé
<b>EHPAD</b>				
Coût sur 30 ans	1 107 162 €	795 483 €	818 892 €	809 606
<i>Economies/référence</i>		311 679	288 270	297 556
<b>Temps de retour actualisé</b>		14 ans	14 ans	11 ans
<b>Les Ponthènes</b>				
Coût sur 30 ans	214 829 €	177 993 €	184 682 €	182 207
<i>Economies/référence</i>		36 836	30 147	32 622
<b>Temps de retour actualisé</b>		22 ans	23 ans	21 ans
<b>Ecole</b>				
Coût sur 30 ans	425 516 €	347 155 €	348 698 €	347 056
<i>Economies/référence</i>		78 361	76 819	78 461
<b>Temps de retour actualisé</b>		5 ans	5 ans	5 ans
<b>Logement</b>				
Coût sur 30 ans	139 558 €	81 551 €	83 215 €	82 497
<i>Economies/référence</i>		58 007	56 343	57 061
<b>Temps de retour actualisé</b>		8 ans	8 ans	7 ans

Tableau 37 : TRA tendance 2

Cette tendance plus favorable montre un TRA de moins de 15 ans pour l'EHPAD, un TRA de plus de 20 ans pour les Ponthènes et un TRA de moins de 10 ans pour le logement et l'école.

## VIII.7. SENSIBILITE DES PARAMETRES DE L'ETUDE

Une étude de faisabilité intervient dans un contexte technique et économique donné et considère un certain nombre d'hypothèses qui sont susceptibles d'évoluer.

Pour évaluer la sensibilité du projet à des paramètres qui pourraient varier dans le temps en fonction de choix techniques et/ou opérationnels, nous avons fait varier les paramètres suivants :

- investissement supplémentaire de 20 k€ HT pouvant par exemple correspondre à des « surprises » en génie civil liées au terrain ou à des choix architecturaux permettant de mieux intégrer le projet à l'environnement
- consommation supplémentaire de 25 MWh par an pouvant correspondre à la fourniture de l'appoint en en chaude sanitaire de l'EHPAD.

### VIII.7.1. SENSIBILITE AU COUT DES TRAVAUX

Une majoration du coût des travaux n'impactera pas le montant de subvention puisque celui-ci est fonction des TEP valorisées en sortie de chaudière.

Les tableaux suivant montrent l'évolution des temps de retour actualisés pour les deux tendances d'inflation étudiées. **On constate dans les deux cas un allongement du TRA de 2 ans.**

Hypothèses d'inflation: Gaz 4%, Bois 3%, Elec 2%, Maintenance 2%	REFERENCE	A-100%BOIS D.	B -Bois&G Appoint Centralisé	C-Bois&G appoint décentralisé
<b>EHPAD</b>				
Coût sur 30 ans	945 100 €	807 706 €	817 889 €	757 663
<i>Economies/référence</i>		137 394	127 211	187 437
<b>Temps de retour actualisé</b>		22 ans	22 ans	18 ans
<b>Les Ponthènes</b>				
Coût sur 30 ans	181 588 €	180 171 €	183 608 €	168 609
<i>Economies/référence</i>		1 417	-2 020	12 979
<b>Temps de retour actualisé</b>		30 ans	30 ans	26 ans
<b>Ecole</b>				
Coût sur 30 ans	365 291 €	355 568 €	353 187 €	336 437
<i>Economies/référence</i>		9 724	12 104	28 854
<b>Temps de retour actualisé</b>		7 ans	5 ans	5 ans
<b>Logement</b>				
Coût sur 30 ans	118 510 €	82 846 €	83 399 €	78 400
<i>Economies/référence</i>		35 664	35 111	40 110
<b>Temps de retour actualisé</b>		10 ans	9 ans	9 ans

Tableau 38 : sensibilité aux travaux+20 k€-tendance 1

Hypothèses d'inflation: Gaz 5%, Bois 3%, Elec 3%, Maintenance 2%	REFERENCE	A-100%BOIS D.	B -Bois&G Appoint Centralisé	C-Bois&G appoint décentralisé
<b>EHPAD</b>				
Coût sur 30 ans	1 107 162 €	813 022 €	836 431 €	827 145
<i>Economies/référence</i>		294 140	270 731	280 017
<b>Temps de retour actualisé</b>		<b>17 ans</b>	<b>17 ans</b>	<b>14 ans</b>
<b>Les Ponthènes</b>				
Coût sur 30 ans	214 829 €	181 478 €	188 167 €	185 692
<i>Economies/référence</i>		33 351	26 662	29 137
<b>Temps de retour actualisé</b>		<b>23 ans</b>	<b>24 ans</b>	<b>23 ans</b>
<b>Ecole</b>				
Coût sur 30 ans	425 516 €	357 144 €	358 687 €	357 045
<i>Economies/référence</i>		68 372	66 830	68 472
<b>Temps de retour actualisé</b>		<b>5 ans</b>	<b>5 ans</b>	<b>5 ans</b>
<b>Logement</b>				
Coût sur 30 ans	139 558 €	83 293 €	84 957 €	84 239
<i>Economies/référence</i>		56 265	54 601	55 319
<b>Temps de retour actualisé</b>		<b>9 ans</b>	<b>8 ans</b>	<b>8 ans</b>

Tableau 39 : sensibilité aux travaux+20 k€-tendance 2

## VIII.7.2. SENSIBILITE A LA CONSOMMATION D'ENERGIE

Une consommation supplémentaire de 25 MWh par an pourrait correspondre à la fourniture de l'appoint en ECS de l'EHPAD si le système solaire était réhabilité, selon nos hypothèses.

Ces besoins supplémentaires sont donc imputés à l'EHPAD pour l'analyse du temps de retour.

Il génère une substitution de 2 TEP supplémentaire donc une légère majoration de la subvention du plan bois énergie Bretagne (+ 4,4 k€).

Les tableaux suivants montrent que pour l'EHPAD, l'impact n'est pas négligeable :

- la tendance d'inflation 1 montre des TRA compris entre 10 et 15 ans,
- la tendance d'inflation 2 montre des TRA de 10 ans pour les trois scénarios.

Les TRA pour les autres bâtiments sont légèrement impactés par cette augmentation de consommation de l'EHPAD (1 à 2 ans de réduction du TRA).

Hypothèses d'inflation: Gaz 4%, Bois 3%, Elec 2%, Maintenance 2%	REFERENCE	A-100%BOIS D.	B -Bois&G Appoint Centralisé	C-Bois&G appoint décentralisé
<b>EHPAD</b>				
Coût sur 30 ans	1 038 336 €	828 640 €	841 393 €	775 225
<i>Economies/référence</i>		209 696	196 943	263 111
<b>Temps de retour actualisé</b>		<b>15 ans</b>	<b>14 ans</b>	<b>10 ans</b>
<b>Les Ponthènes</b>				
Coût sur 30 ans	181 588 €	175 036 €	178 303 €	163 569
<i>Economies/référence</i>		6 552	3 285	18 019
<b>Temps de retour actualisé</b>		<b>28 ans</b>	<b>29 ans</b>	<b>24 ans</b>
<b>Ecole</b>				
Coût sur 30 ans	365 291 €	342 457 €	339 927 €	323 442
<i>Economies/référence</i>		22 835	25 364	41 849
<b>Temps de retour actualisé</b>		<b>5 ans</b>	<b>5 ans</b>	<b>5 ans</b>
<b>Logement</b>				
Coût sur 30 ans	118 510 €	80 432 €	80 932 €	76 019
<i>Economies/référence</i>		38 078	37 578	42 491
<b>Temps de retour actualisé</b>		<b>9 ans</b>	<b>8 ans</b>	<b>8 ans</b>

Tableau 40 : sensibilité à la consommation d'énergie +25 MWh-tendance 1

Hypothèses d'inflation: Gaz 5%, Bois 3%, Elec 3%, Maintenance 2%	REFERENCE	A-100%BOIS D.	B -Bois&G Appoint Centralisé	C-Bois&G appoint décentralisé
<b>EHPAD</b>				
Coût sur 30 ans	1 218 365 €	834 490 €	861 587 €	851 694
<i>Economies/référence</i>		383 875	356 778	366 671
<b>Temps de retour actualisé</b>		<b>10 ans</b>	<b>10 ans</b>	<b>10 ans</b>
<b>Les Ponthènes</b>				
Coût sur 30 ans	214 829 €	176 330 €	182 772 €	180 494
<i>Economies/référence</i>		38 499	32 057	34 335
<b>Temps de retour actualisé</b>		<b>21 ans</b>	<b>22 ans</b>	<b>21 ans</b>
<b>Ecole</b>				
Coût sur 30 ans	425 516 €	344 019 €	345 319 €	343 859
<i>Economies/référence</i>		81 498	80 198	81 658
<b>Temps de retour actualisé</b>		<b>5 ans</b>	<b>5 ans</b>	<b>5 ans</b>
<b>Logement</b>				
Coût sur 30 ans	139 558 €	80 875 €	82 460 €	81 804
<i>Economies/référence</i>		58 684	57 098	57 754
<b>Temps de retour actualisé</b>		<b>8 ans</b>	<b>8 ans</b>	<b>7 ans</b>

Tableau 41 : sensibilité à la consommation d'énergie +25 MWh-tendance 2

Cet important écart de temps de retour montre la sensibilité du paramètre consommation d'énergie en lien avec l'inflation et la situation de référence.

En effet, les 25 MWh sont également comptés dans la situation de référence ce qui augmente la facture en gaz naturel de la référence impactée par l'inflation à 5%.

**Il est donc important, pour consolider les orientations à prendre sur le réseau de chaleur, de pouvoir suivre la productivité de l'installation solaire, et d'identifier les consommations de gaz naturel relatives à la cuisson : ainsi, il sera possible d'établir la consommation d'ECS liée à l'appoint qui pourrait rentrer dans le champ du réseau de chaleur.**

## IX. ETUDE ENVIRONNEMENTALE, « EXTERNALITES POSITIVES »

### IX.1. EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE

L'impact environnemental est envisagé sous l'angle des émissions de gaz à effet de serre (Tonnes de CO<sub>2</sub>).

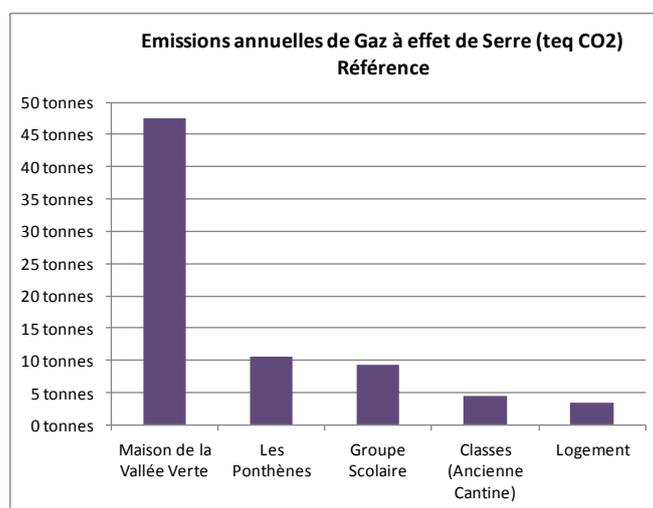
L'avantage environnemental de l'utilisation du bois est d'avoir un **impact neutre sur l'effet de serre**, puisque le CO<sub>2</sub> produit lors de la combustion sera remobilisé par la biomasse en croissance grâce à la photosynthèse : cette hypothèse est communément admise en Europe puisque la ressource est gérée durablement, c'est-à-dire qu'il n'est pas brûlé plus de bois qu'il n'en repousse

Les hypothèses considérées sur l'impact environnemental sont les suivantes :

gaz naturel	2 394 kg CO <sub>2</sub> /tep
électricité	2 092 kg CO <sub>2</sub> /tep
1 TEP	11 630 kWh

Tableau 42 : équivalence émissions de CO<sub>2</sub>/TEP

Les émissions de CO<sub>2</sub> évaluées liées à la combustion de gaz naturel et à l'utilisation d'électricité pour le chauffage sont présentées dans le graphique suivant :



Graphique 8 : émissions annuelles de GES de la référence (Teq CO<sub>2</sub>)

Les émissions annuelles de la référence représentent 75 t d'équivalent CO<sub>2</sub> par an.

Le tableau suivant présente l'impact environnemental des scénarios étudiés selon ces hypothèses.

Il nous a paru intéressant de convertir ces tonnes de CO<sub>2</sub> évitées en équivalent émissions de CO<sub>2</sub> pour un aller-retour Guipel –Station de métro Villejean à Rennes (24 km), réalisé 220 jours par an avec une voiture dégageant 140g de CO<sub>2</sub>/km.

	Scénario A	Scénario B	Scénario C
TEP substituées annuellement	32 tep	29 tep	30 tep
<b>Tonnes de CO<sub>2</sub> évitées annuellement</b>	75 tonnes	69 tonnes	71 tonnes
<i>Soit par rapport à la référence</i>	100%	92%	94%
<i>Equivalent annuels AR journalier (220 j) Guipel-Métro Villejean à Rennes</i>	51	47	48
<b>Tonnes de CO<sub>2</sub> évitées sur 20 ans</b>	1 500 tonnes	1 380 tonnes	1 420 tonnes

Tableau 43 : émissions de GES évitées grâce aux solutions réseau de chaleur

## IX.2. IMPACT SOCIÉTAL

---

Outre l'impact environnemental, les filières d'énergies renouvelables, et la filière bois énergie en particulier, ont un impact sur :

- La création et la pérennisation d'emplois locaux, non délocalisables
- L'amélioration de l'autonomie énergétique des territoires et donc de leur facture énergétique

En particulier, le bois énergie permet de créer en moyenne **trois fois plus d'emploi local** que les énergies fossiles.

Ceci s'explique par la nécessité de :

- mobiliser le bois issu de l'entretien des milieux naturels (bois et forêts, bords de rivière, chemins de randonnée, haies, arbres d'alignements urbains) ou issu des activités commerciales, artisanales ou industrielles ;
- collecter et transformer les matières premières en combustible ;
- livrer le bois en chaufferie ;
- construire et exploiter les chaufferies ;
- recycler les cendres en agriculture ou en forêt.

## X. SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE

Cette étude de faisabilité a considéré des hypothèses initiales qu'il convient de rappeler :

- Pas de rénovation du bâtiment accueillant les classes et le logement
- Pas de prise en compte de l'ECS de l'EHPAD compte-tenu des lourdes incertitudes liées au fonctionnement de l'installation solaire pour la production d'ECS

Nous avons préféré considérer que cette installation, qui a fait l'objet d'un investissement initial important, pourra être audité et améliorée, permettant de porter le taux de couverture de la production solaire à 50%.

De ce fait, au moins une des chaudières gaz serait conservée par l'EHPAD, pour assurer l'appoint dans cette configuration de fonctionnement « hors réseau de chaleur ».

Le tableau suivant montre la synthèse des investissements, des financements, des coûts d'exploitation la 1<sup>ère</sup> année et de la consommation de bois.

SYNTHESE	A-100%BOIS D.	B -Bois&G Appoint Centralisé	C-Bois&G appoint décentralisé
<b>TOTAL INVESTISSEMENT € HT</b>	268 927 €	239 788 €	218 614 €
<b>FINANCEMENT PBEB</b>	90 842 €	86 860 €	97 722 €
<b>MONTANT RESTANT A FINANCER € HT</b>	178 085 €	152 928 €	120 892 €
<b>Consommation prévisionnelle de bois</b>	153 tonnes	138 tonnes	141 tonnes
<b>TEP sortie chaudière bois (subv)</b>	36 tep	34 tep	36 tep
<b>T CO2 évitées/an</b>	75 tonnes	69 tonnes	71 tonnes
<b>Coûts d'exploitation € HT 1ère année</b>	34 635 €	33 633 €	32 489 €
<b>Coût du MWh utile € HT</b>	94.4 €	91.7 €	88.6 €
<b>R1 €/MWh HT</b>	35.54 €	37.38 €	36.76 €
<b>R2 €/kW souscrit HT</b>	63.83 €	58.87 €	56.17 €

Tableau 44 : synthèse-Investissements et coûts d'exploitation

Le scénario C est le plus rentable économiquement : il génère moins d'investissement, il permet d'utiliser les installations existantes. **La régulation du réseau sera néanmoins plus complexe que dans les scénarios A et B.**

Cette complexité est en partie répercutée dans le montant du poste conduite du réseau R22.

Le tableau suivant montre la comparaison des temps de retour actualisés pour chaque usager du réseau, pour les deux tendances d'inflation étudiées (en gras sont mis en évidence les TRA <15ans).

TEMPS DE RETOUR ACTUALISE	A-100%BOIS D.	B -Bois&G Appoint Centralisé	C-Bois&G appoint décentralisé
<b>« Tendance inflation 1 »: 4% gaz, 3% bois, 2% élec</b>			
EHPAD	20 ans	20 ans	<b>13 ans</b>
Les Ponthènes	29 ans	30 ans	24 ans
Ecole	<b>5 ans</b>	<b>5 ans</b>	<b>5 ans</b>
Logement	<b>9 ans</b>	<b>9 ans</b>	<b>8 ans</b>
<b>« Tendance inflation 2 »: 5% gaz, 3% bois, 2% élec</b>			
EHPAD	<b>14 ans</b>	<b>14 ans</b>	<b>11 ans</b>
Les Ponthènes	22 ans	23 ans	21 ans
Ecole	<b>5 ans</b>	<b>5 ans</b>	<b>5 ans</b>
Logement	<b>8 ans</b>	<b>8 ans</b>	<b>8 ans</b>

Tableau 45 : synthèse des TRA

Les Ponthènes, bâtiment très performant, est le moins avantage par la solution réseau selon nos hypothèses.

L'EHPAD peut trouver un intérêt économique rapide avec le scénario C, et d'autant plus si l'inflation se renforce sur le gaz.

Si on regarde les TRA uniquement pour les bâtiments communaux, considérant que le bilan de rentabilité pour la commune peut se réfléchir globalement sur 2 bâtiments, le TRA global serait le suivant :

TEMPS DE RETOUR ACTUALISE	A-100%BOIS D.	B -Bois&G Appoint Centralisé	C-Bois&G appoint décentralisé
<b>« Tendance inflation 1 »: 4% gaz, 3% bois, 2% élec</b>			
Les Ponthènes + école	27 ans	27 ans	23 ans
<b>« Tendance inflation 2 »: 5% gaz, 3% bois, 2% élec</b>			
Les Ponthènes + école	21 ans	21 ans	20 ans

Par ailleurs, la sensibilité des paramètres investissement et consommation prévisionnelle de chaleur a été étudiée spécifiquement.

- Un investissement supplémentaire de 20 k€ allongerait le TRA de 2 ans de manière presque uniforme pour tous les usagers.
- Une consommation supplémentaire de 25 MWh, correspondant à une consommation d'appoint sur l'ECS de l'EHPAD, permettrait de réduire les TRA de manière significative comme le rappelle le tableau suivant :

Majoration de 25 MWh des besoins thermiques de l'EHPAD	A-100%BOIS D.	B -Bois&G Appoint Centralisé	C-Bois&G appoint décentralisé
<b>TEMPS DE RETOUR ACTUALISE</b>			
<b>Tendance inflation 1: 4% gaz, 3% bois, 2% élec</b>			
EHPAD	15 ans	14 ans	10 ans
Les Ponthènes	28 ans	29 ans	24 ans
Ecole	5 ans	5 ans	5 ans
Logement	9 ans	8 ans	8 ans
<b>Tendance inflation 2: 5% gaz, 3% bois, 2% élec</b>			
EHPAD	10 ans	10 ans	10 ans
Les Ponthènes	21 ans	22 ans	21 ans
Ecole	5 ans	5 ans	5 ans
Logement	8 ans	8 ans	7 ans

Tableau 46 : Synthèse des TRA-majoration besoins thermiques EHPAD de 25 MWh/an

Ce cas de figure montre que la rentabilité du réseau est bien plus facile à atteindre, même avec un taux d'inflation bas sur le gaz naturel en le densifiant.

A l'inverse, si le bâtiment « classe et logement » devait être rénové thermiquement, la réduction des besoins s'appliquerait sur une partie des besoins globaux de 45 MWh considérés dans nos hypothèses : une réduction de la moitié des besoins grâce à un renforcement de la performance énergétique du bâtiment est une hypothèse plausible. La réduction de consommation sur le réseau de chaleur serait alors de 22 MWh, proche des 25 MWh considérés précédemment.

Cette étude montre que l'opportunité de réaliser le réseau est très dépendante des hypothèses d'inflation, dans un contexte où l'énergie de référence, le gaz naturel, est à un prix de départ très bas.

Le paramètre « besoin en chaleur » joue aussi de manière importante.

Le choix de lancer ce projet de réseau de chaleur doit se réfléchir dans une perspective d'action à long terme de réduction des émissions de gaz à effet de serre et d'autonomie énergétique du territoire, mais il peut être compliqué à faire dans un contexte de prix du gaz faible.

Ainsi, pour conforter le choix de mettre en place le réseau de chaleur, nous préconisons :

- de mettre en place les sous-compteurs gaz et eau froide en chaufferie de l'EHPAD comme proposé en phase 1 de l'étude (certaines interventions prévues pourraient être reportées au profit de celle-ci, comme le changement d'un ballon)
- d'organiser le suivi de ces comptages

Une fois ce suivi mis en place, il sera possible d'identifier les consommations d'ECS et de vérifier la pertinence des hypothèses prises dans la présente étude.

Enfin, un audit de l'installation solaire permettrait certainement de proposer des optimisations permettant d'atteindre les 50% de taux de couverture pour l'ECS.