



ASSIST SARL – AGENCE FRANCHE COMTÉ
ZAC PIED DES GOUTTES
4 Rue Armand Bloch
25 200 MONTBELIARD
☎ : 03.81.98.68.89



Etude de faisabilité pour la création d'une chaufferie biomasse et d'un réseau de chaleur à Seloncourt (25)

Synthèse – Version 4 du 07/10/2020

Sommaire

- ▶ Introduction
 - Contexte
 - Objectifs

- ▶ Présentation des 3 scénarios (étude technique & économique)
 - Scénario 0 (bâtiments communaux uniquement)
 - Scénario 1 (raccordement de proximité)
 - Scénario 2 (raccordement étendu)

- ▶ Synthèse

Contexte

- ▶ La Ville de Seloncourt dispose actuellement d'une dizaine de bâtiments communaux, dont la majorité sont équipés de chaudières gaz vieillissantes.
- ▶ Une étude de faisabilité préalable ayant démontrée l'intérêt d'un projet de chaufferie bois alimentant un réseau de chaleur au centre-ville a déjà été réalisée, cette seconde version permettra de conforter les premières hypothèses et d'étudier d'autres scénarios.

Objectifs

- ▶ Vérifier la cohérence globale d'une démarche de mise en place du bois comme moyen de production énergétique de base
- ▶ Valider la faisabilité technique
- ▶ Estimer le coût de fonctionnement de l'installation par rapport aux solutions de référence
- ▶ Optimiser le réseau en prenant en compte l'ensemble des bâtiments à proximité

Contrôle de l'étude initiale

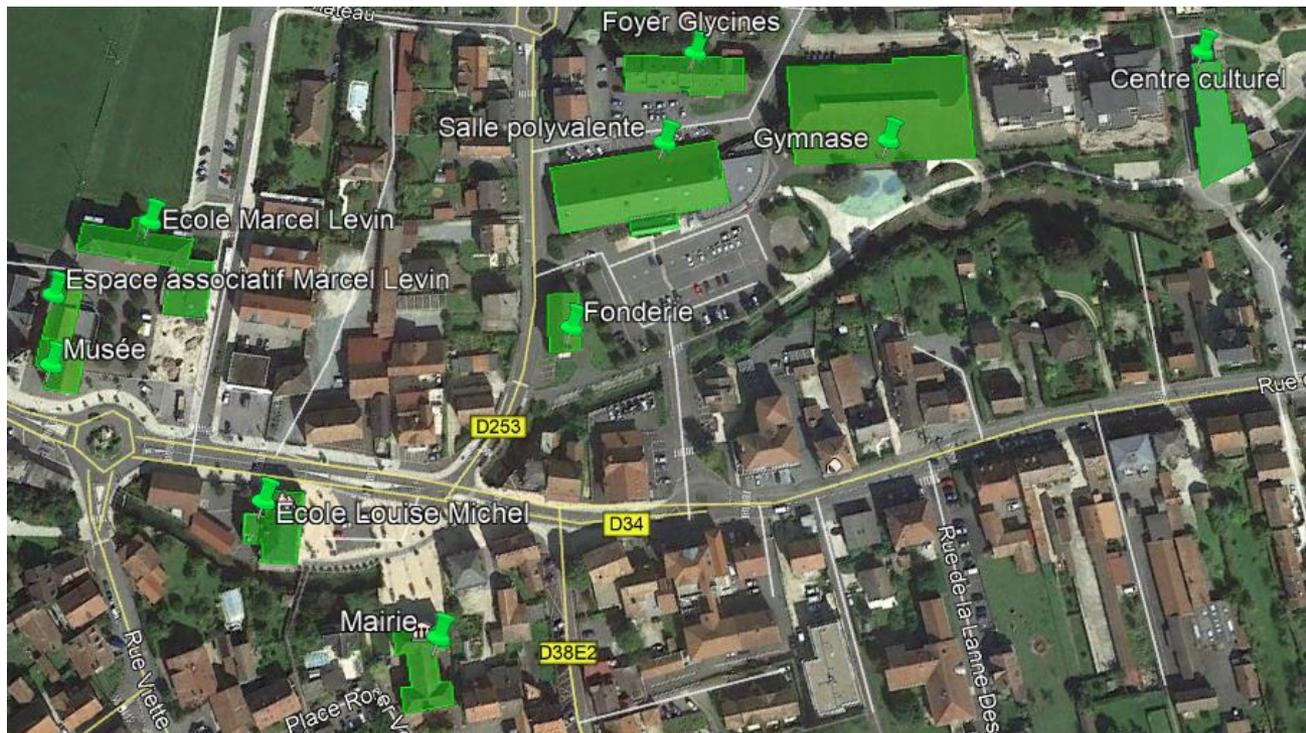
- ▶ Consommation globale à l'état initial (hors raccordement des particuliers) correcte : 1 134 MWh pour 1 115 MWh estimé.
- ▶ Travaux de réhabilitation énergétique non pris en compte sur la salle polyvalente dans l'étude Assist.
- ▶ Travaux « MDE » entraînant une baisse de -15% sur les consommations globales non pris en compte dans l'étude Assist, car les consommations sont celles dites « utiles en sous-stations ». Le rendement de production est intégré plus tard dans les calculs de combustible.
- ▶ Calcul de la puissance nécessaire sous-estimé selon les données de consommation et le niveau d'isolation du bâti, les heures équivalentes sont estimées à 1400h dans l'étude initiale et sont plutôt déterminée à 1000-1200h pour des locaux à usage tertiaire. Ce point est confirmé par le calcul du coefficient G dans la nouvelle version.
- ▶ Les travaux « MDE » impactaient également le calcul de puissance dans l'étude initiale (-11%, soit 754kW), ce n'est plus le cas dans cette version.
- ▶ La monotone initiale présente une puissance appelée maximale de 580kW pendant quelques heures dans l'année, soit 23% plus faible que la puissance nécessaire. Aucune explication n'est fournie, le foisonnement ne le justifie pas car la plupart des bâtiments ont un usage similaire.
- ▶ Il est indiqué que la chaudière gaz doit couvrir l'ensemble des besoins sans travaux MDE (soit 844 kW), son dimensionnement initial à 700 kW ne le permet pas.
- ▶ Le dimensionnement de la chaufferie bois à 350 kW était cohérent avec les données finales présentées, cela n'est plus le cas si les points ci-dessus sont rectifiés.

Scénario 0

▶ Etude technique

Scénario 0 - périmètre

- ▶ Ce scénario reprend le périmètre de l'étude initiale (hors maison de santé), l'objectif sera le raccordement des bâtiments communaux du centre-ville. L'implantation des bâtiments est visible ci-dessous :



Scénario 0 – état des chaufferies

- ▶ Une visite technique des différentes chaufferies a été réalisée :

Nom de la sous-station	Etat général sous-station	Energie	Puissance	Année	Marque	Type	Performance énergétique du bâti
MAIRIE	correct, vétuste	gaz	145	1992	Chappee	XR3	moyen, fenêtre pvc dv correct
GYMNASE	bon	gaz	581	1987	Guillot	LD 500	moyen, vétuste
SALLE POLYVALENTE	correct	gaz	325	2005	Buderus	G 515	correct, fenêtre bois ou alu dv vétustes
FOYER GLYCINES	correct, vétuste	gaz	68	2003	Dedietrich	GT 216	moyen, fenêtre pvc au rdc
FONDERIE	bon	gaz	45	2004	Dedietrich		correct, fenêtres récentes
ECOLE LOUISE MICHEL	correct	gaz	185	1993	Chappee	XG 313	moyen, fenêtre pvc dv, rien de récent
ECOLE MARCEL LEVIN	correct	gaz	230	2007	Guillot	Condensagaz G232	moyen, extension plus récente
MUSEE	bon	gaz	36	2013	Dedietrich	DTG 130	mauvais, fenêtre pvc ou bois vétuste
ESPACE ASSOC MARCEL LEVIN	bon	gaz	45	2011	Frisquet	Hydromotrix condensation 45	mauvais, fenêtre pvc ou bois vétuste
CENTRE CULTUREL	très bon, refaite en 2019	gaz	220	2019	Atlantic	varmax 225	bon, rénovation récente

Scénario 0 - implantation

- ▶ Peu de terrains paraissent envisageables pour l'implantation de la production Biomasse, la zone définie derrière le gymnase semble plutôt adaptée



Scénario 0 - puissance

- ▶ Les puissances ont été déterminées selon 2 méthodologies :
 - Issues des consommations (si disponible) et retranchées à l'aide des heures équivalentes de fonctionnement à pleine puissance
 - Estimées grâce au coefficient de déperditions volumique (G) et aux métrés réalisés sur les bâtiments
 - Dans tout les cas le coefficient G ainsi que les heures équivalentes ont été calculés et analysés afin de contrôler la cohérence des données

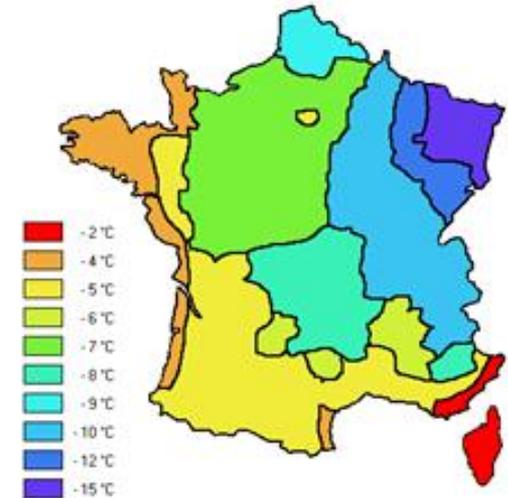
Scénario 0 - puissance

- ▶ Le calcul de la puissance théorique pour le chauffage est effectué grâce à la formule suivante :

- $P = G * V * \Delta T * S_p$

Où :

- P : Puissance, en kW
- G : coefficient de déperditions volumique, en kW/m³.°C
- V : Volume chauffé, en m³
- ΔT : Différence de température (T°extérieure – T°ambiante), en °C
- S_p : coefficient de surpuissance de relance



- Aucune surpuissance n'a été prise en compte dans cette étude

Scénario 0 - puissance

- ▶ Si dessous les valeurs de référence du coefficient G et des heures équivalentes :

Typologie Bâtiment	Coef G
RT 2012	0,4
RT 2005	0,9
RT 2000	1
Réno Etiquette C	1,1
Année 80	1,3
Ancien mal isolé	1,8
Ancien très mal isolé	2,5

Typologie	Heures équivalentes
Administration	1000
Bureau	1000
Caserne	1000
Commerce	1000
Enseignement	1000
Hébergement	1400
Hôtel	1400
Logement collectif	1400
Patinoire	1000
Piscine	1000
Salle de spectacle	1000
Salle d'exposition	1000
Santé	2000

Scénario 0 - puissance

- ▶ Les résultats sont visibles ci-dessous :

SST	Client	Puissance (kW)	MWh référence	Coef G
MAIRIE	Ville de Seloncourt	70	84	1,00
GYMNASE	Ville de Seloncourt	183	183	0,40
SALLE POLYVALENTE	Ville de Seloncourt	300	300	1,10
FOYER GLYCINES	Ville de Seloncourt	80	80	1,29
FONDERIE	Ville de Seloncourt	52	52	1,00
ECOLE LOUISE MICHEL	Ville de Seloncourt	73	88	1,03
ECOLE MARCEL LEVIN	Ville de Seloncourt	92	110	1,05
MUSEE	Ville de Seloncourt	47	47	1,36
ESPACE ASSOC MARCEL LEVIN	Ville de Seloncourt	47	47	1,36
CENTRE CULTUREL	Ville de Seloncourt	79	79	0,86
Total		1025	1072	

- Les données correspondent aux besoins utiles en sous-station

Scénario 0 – pertes thermiques

- ▶ Les pertes thermiques du réseau sont proportionnelles au diamètre, à la température du fluide véhiculée et à la longueur de chaque branche de réseau. Les données suivantes ont été utilisées :

DN	Pertes thermiques (W/ml) : réseau enterré 90°C; ep isolant 1
0	0,00
25	10,56
32	12,91
40	13,18
50	16,95
65	19,97
80	20,57
100	21,47
125	24,91
150	29,58
200	32,22
250	31,06
300	35,67
350	34,67
400	36,80
450	36,58
500	35,27

Scénario 0 – pertes thermiques

- ▶ Ce qui amène aux résultats suivants :

Estimation annuelle	MWh	%
Consommations	1298	100%
Pertes réseau	227	17%

- ▶ La consommation global annuelle du projet est estimée à 1 298 MWh en sortie de chaufferie

Scénario 0 – dimensionnement réseau

- ▶ La vitesse nominale de circulation du fluide dans un réseau de chaleur doit être idéalement inférieure à 2 m/s dans les tronçons, afin de limiter les pertes de charges au maximum avec comme conséquence une optimisation de la puissance absorbée et donc de la consommation annuelle d'électricité des pompes de réseau.
- ▶ On peut admettre ponctuellement des vitesses plus élevées, la valeur maximale admissible étant de 3 m/s.
- ▶ Le respect d'une vitesse inférieure à 2 m/s entraîne cependant des investissements supplémentaires du fait des augmentations de Diamètres nominaux (DN intérieur) des tuyaux. De ce fait une optimisation financière et technique doit être réalisée sur ce point.

Scénario 0 – dimensionnement réseau

► Résultats du dimensionnement

Tronçon	Longueur (mL)	Puissance (kW)	Vitesse de passage du fluide (m/s)	DN minimal normalis	Investissement (€HT)
SEL-1	62,4	1050	✓ 1,72	80	37 440
SEL-2	34,9	782	! 1,93	65	20 940
SEL-gymnase	1	188	! 1,92	32	400
SEL-1-1	86,7	81	✓ 1,36	25	26 010
SEL-3	66	699	✓ 1,73	65	39 600
SEL-foyer glycines	26	83	✓ 1,38	25	7 800
SEL-centre culturel	53,2	81	✓ 1,36	25	15 960
SEL-4	124	391	✓ 1,64	50	74 400
SEL-salle polyvalente	6,25	308	✓ 1,29	50	3 750
SEL-fonderie	16,5	54	✓ 0,90	25	4 950
SEL-5	56,3	338	✓ 1,41	50	33 780
SEL-5-1	59	71	✓ 1,20	25	17 700
SEL-mairie	3,9	71	✓ 1,20	25	1 170
SEL-6	78,5	266	✓ 1,74	40	31 400
SEL-ecole louise michel	5	75	✓ 1,26	25	1 500
SEL-6-1	15	75	✓ 1,26	25	4 500
SEL-7	90,7	191	! 1,95	32	36 280
SEL-7-1	15,9	191	! 1,95	32	6 360
SEL-7-2	11,2	142	✓ 1,45	32	4 480
SEL-7-3	13,3	142	✓ 1,45	32	5 320
SEL-7-4	13	94	✓ 1,57	25	3 900
SEL-7-5	6,9	94	✓ 1,57	25	2 070
SEL-ecole marcel levin	59	94	✓ 1,57	25	17 700
SEL-musée	5,8	48	✓ 0,81	25	1 740
SEL-espace assoc marcel levin	3,1	48	✓ 0,81	25	930
Total	914				400 080

Scénario 0 – dimensionnement réseau

- ▶ Cheminement des différents tronçons à créer :



Tracé optimisé sur cette zone

Scénario 0 – densité thermique

- ▶ Afin de valider la pertinence de la création des différents tronçons de raccordement, la densité thermique de chaque branche a été contrôlée. Cette densité est exprimée en MWh annuels par mètre linéaire de réseau.

- Densité globale évaluée à **1,17 MWh/mL**

Tronçon	Longueur (mL)	Consommation (MWh)	Densité (MWh/mL.an)
SEL-1	62,4	1298	✓ 20,8
SEL-2	34,9	980	✓ 28,1
SEL-gymnase	1	222	✓ 221,8
SEL-1-1	86,7	96	✗ 1,1
SEL-3	66	883	✓ 13,4
SEL-foyer glycines	26	98	✓ 3,8
SEL-centre culturel	53,2	96	! 1,8
SEL-4	124	519	✓ 4,2
SEL-salle polyvalente	6,25	364	✓ 58,2
SEL-fonderie	16,5	63	✓ 3,8
SEL-5	56,3	456	✓ 8,1
SEL-5-1	59	101	! 1,7
SEL-mairie	3,9	101	✓ 26,0
SEL-6	78,5	354	✓ 4,5
SEL-ecole louise michel	5	107	✓ 21,4
SEL-6-1	15	107	✓ 7,1
SEL-7	90,7	248	! 2,7
SEL-7-1	15,9	248	✓ 15,6
SEL-7-2	11,2	190	✓ 17,0
SEL-7-3	13,3	190	✓ 14,3
SEL-7-4	13	133	✓ 10,2
SEL-7-5	6,9	133	✓ 19,3
SEL-ecole marcel levin	59	133	! 2,3
SEL-musée	5,8	57	✓ 9,9
SEL-espace assoc marcel levin	3,1	57	✓ 18,5
Total	914		

Scénario 0 – dimensionnement chaufferie

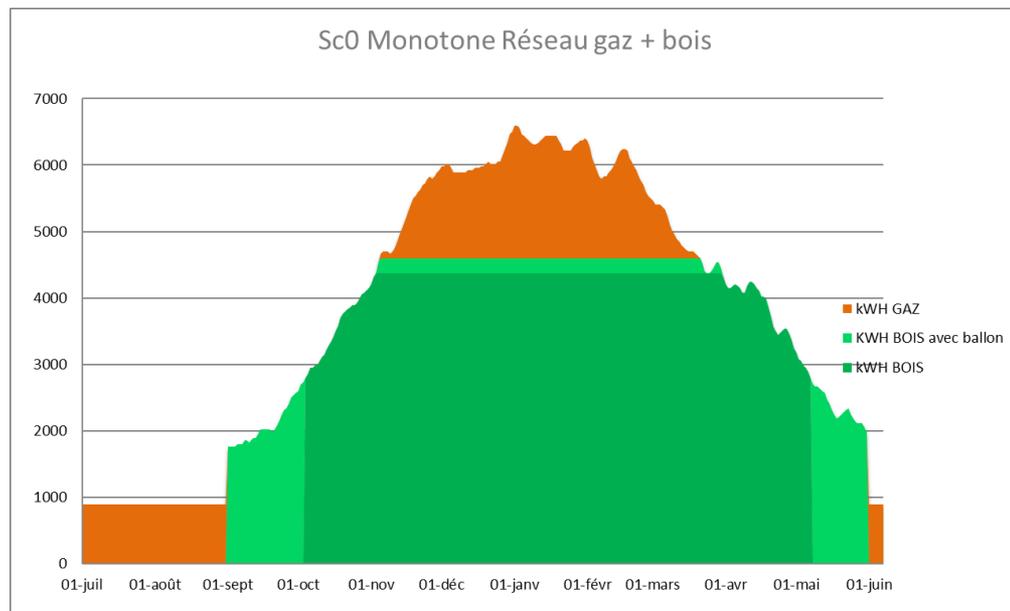
- ▶ La chaudière bois est sensible aux intermittences (marche/arrêt), il est donc important de la dimensionner de façon optimale pour qu'elle fonctionne un maximum de temps dans l'année et assure l'essentiel des besoins énergétiques. La chaudière ne couvrira donc pas l'ensemble des besoins.
- ▶ La chaufferie fonctionnera sur le principe de la bi-énergie. Une chaudière gaz permettra d'assurer l'appoint de chauffage. Elle permettra également d'assurer le secours en cas de problème d'approvisionnement en bois ou de maintenance.
- ▶ L'utilisation de plusieurs énergies permet d'obtenir une meilleure souplesse de la gestion de l'énergie.

Scénario 0 – dimensionnement chaufferie

► Résultats de la monotone de chauffage

Résultats Modélisation Scénario 0	
Besoins Chauffage (kWh)	972593
Besoins ECS (kWh)	99000
Pertes réseau (kWh)	226522
DJU Trentenaire	3017
Ratio Besoins / DJU (kWh/DJU)	322
Puissance chauffage à -13°C (kW)	1025
Puissance ECS (kW)	NC
Puissance Pertes à -13°C (kW)	26
Puissance max appelée à -13°C (kW)	1050

Dimensionnement Production	
Chaudière Bois (kW)	460
Chaudière Gaz (kW)	1050
Température ext fct mini bois seul (°C)	5,4
Température ext fct mini gaz (°C)	-13

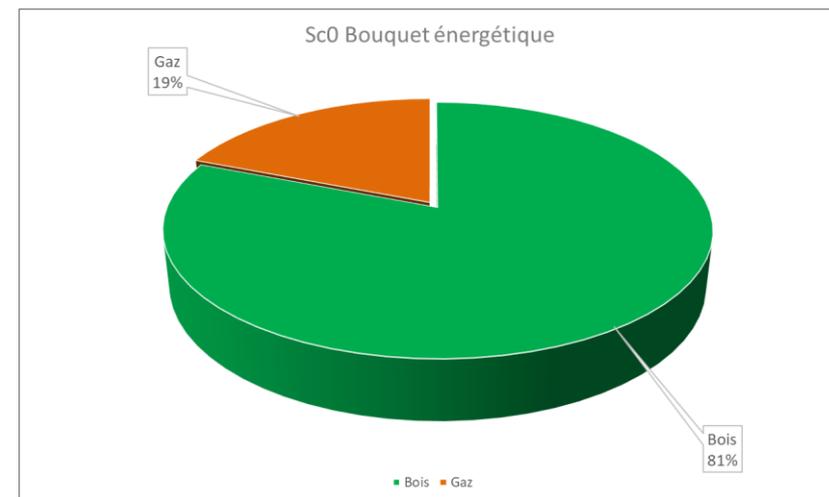


Scénario 0 – dimensionnement chaufferie

- ▶ Pour le réseau de Seloncourt, la puissance maximale appelée sur le réseau est de l'ordre de 1 050 kW.
- ▶ Cette puissance est nécessaire pour une température extérieure de -13°C (seulement quelques heures dans l'année).
- ▶ Le dimensionnement de la production biomasse à **460 kW** permet de couvrir théoriquement 81% des besoins.
- ▶ Un appoint secours gaz de **1 050 kW** sera nécessaire

Taux de couverture	
Bois	81%
Gaz	19%

Indicateurs production bois	
Taux de puissance bois	44%
Heures équivalentes	2 285 h



Scénario 0 – dimensionnement silo

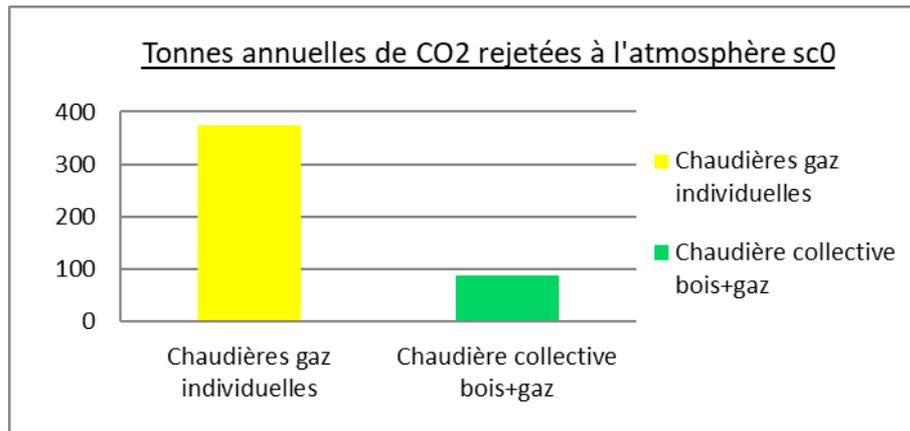
- Le dimensionnement du silo est présenté ci-dessous, l'autonomie minimale recommandée est de 4 jours (à pleine puissance) afin de couvrir un long weekend, cependant une autonomie de 10 jours permettraient une gestion plus confortable des livraisons.

Dimensionnement du Silo		Sc0
Puissance bois (kW)		460
Consommation maxi jour (kWh PCI utile comptage)		11040
Rendement production		85%
Consommation maxi jour combustible (Tonnes de bois)		4,1
Volume de combustible jour (m ³)		12
Taux de remplissage du silo		80%
Densité (kg/m ³)		350
Pouvoir calorifique (kWh/t)		3200,0
Volume brut de stockage 1 jour (m ³)		14,5
Volume brut de stockage 4 jour (m ³)		58,0
Volume brut de stockage 10 jour (m ³)		145,0
Nombre de livraison 40m ³ / an		35

- Le dimensionnement pour 4 jours d'autonomie nécessiterait 35 livraisons/an

Scénario 0 – impact environnemental

- ▶ L'impact environnemental du projet exprimé en tonnes de CO2 rejetés par an est visible ci-dessous :



- ▶ La mise en œuvre d'une chaufferie bi-énergie (bois+gaz) permet d'éviter le rejet de 288 tonnes de CO2 dans l'atmosphère.

Scénario 0

▶ Etude économique

Scénario 0 – investissements

- ▶ Les investissements suivants concernent la mise en place d'une chaufferie comportant 1 système de production au bois ainsi que 1 système de production au gaz. Ils tiennent compte non seulement de la production de chaleur mais également de la création des différents tronçons, du génie civil, des sous-stations terminales ainsi que des frais annexes.

Investissement	Sc0
Bâtiment, chaufferie, et aménagement extérieur	150 000 €HT
Process Bois	150 000 €HT
Process Gaz Naturel	60 000 €HT
Équipements connexes	70 000 €HT
Fabrication et poses des conduites primaires	400 000 €HT
Sous station < 1 MW	80 000 €HT
Maîtrise d'œuvre (%)	80 000 €HT
Total	990 000 €HT

- ▶ Les investissements s'élèvent à 990 000 €HT sur ce scénario.

Scénario 0 – subventions

- ▶ Les subventions suivantes sont envisageables dans ce scénario :
 - Fond chaleur : non mobilisable car production biomasse < 1200 MWh et densité < 1,5 MWh/mL.an
 - Feder : financement maximal à hauteur de 50% sur la chaufferie bois et le réseau; investissements non éligibles achat terrain/bâtiment, process énergie fossile
 - Région BFC : financement maximal à hauteur de 50% sur la chaufferie bois et 60 % sur le réseau; investissements non éligibles achat terrain/bâtiment, process énergie fossile (plafond de 300 000 €)
 - Département 25 : financement à hauteur de 28 % du plafond de 200 000 €

Scénario 0 – subventions

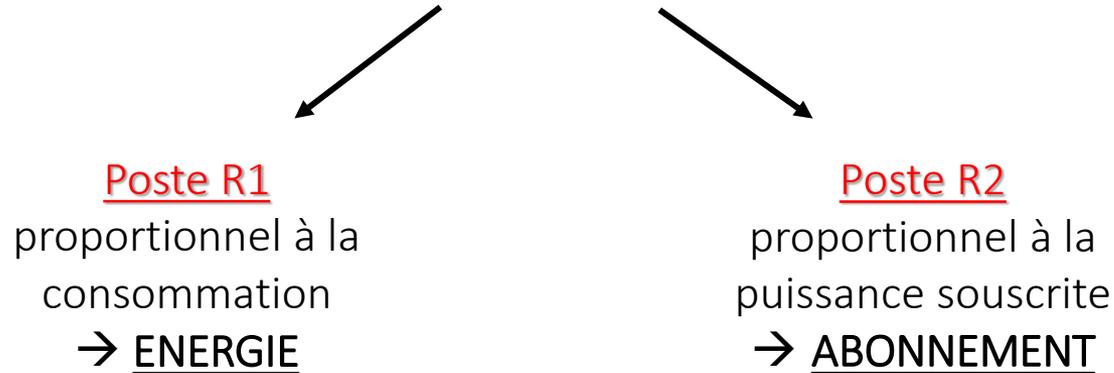
- ▶ Les montants des subventions mobilisables sont présentées ci-dessous :

Subventions	Sc0
Fond chaleur	0 €HT
Feder	200 000 €HT
Région BFC	300 000 €HT
Département 25	56 000 €HT
Total	556 000 €HT

- ▶ Le taux de subvention du projet est estimé à 56%.

Scénario 0 – coût de la chaleur

- ▶ Rappel sur la décomposition du coût de la chaleur :



R2.1

Energie électrique utilisée à des fins mécanique

R2.2

Prestations de conduite, de petit entretien et des frais administratifs

R2.3

Gros entretien et renouvellement des matériels primaires

R2.4

Financement des investissements prévus en début de contrat ou par voie d'avenant

Scénario 0 – coût de la chaleur

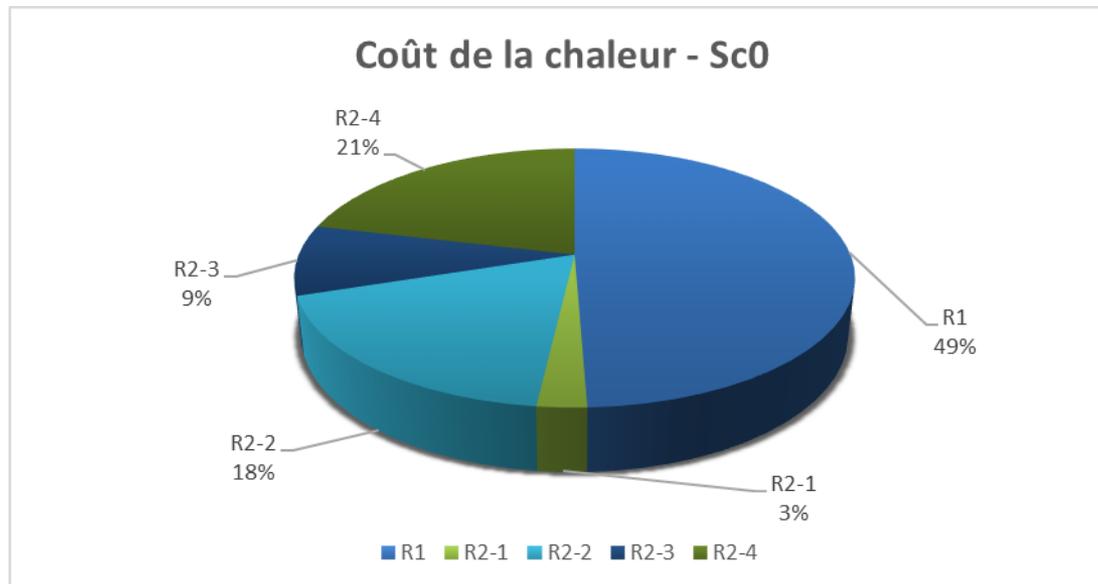
- ▶ Le coût de la chaleur est présenté ci-dessous :

Coût de la chaleur année 0	Sc0 € HT / MWh	Sc0 € TTC / MWh
Puissance souscrite	1 025 kW	
Besoins en SST	1 072 MWh	
R1	42,41 €HT / MWh	50,89 €TTC / MWh
R2-1	2,37 €HT / MWh	2,85 €TTC / MWh
R2-2	17,71 €HT / MWh	21,26 €TTC / MWh
R2-3	8,59 €HT / MWh	10,30 €TTC / MWh
R2-4	20,74 €HT / MWh	24,89 €TTC / MWh
CoûtTotal	91,83 €HT / MWh	110,19 €TTC / MWh

- ▶ Ce prix est proche de l'état de référence estimé à 107 €TTC/MWh (*source étude initiale*).

Scénario 0 – coût de la chaleur

- ▶ La répartition du coût de la chaleur (€ TTC) est présentée ci-dessous :



- ▶ Les montants R1 & R2 sont équilibrés sur le prix de la chaleur

Scénario 1

▶ Etude technique

Scénario 1 - périmètre

- ▶ Ce scénario a pour objectif de densifier le réseau et de raccorder de nouveaux abonnés autres que la ville afin de bénéficier d'un taux de tva à 5,5% sur les postes R1+R2.
- ▶ L'implantation des bâtiments est visible ci-dessous :



Scénario 1 - implantation

- ▶ Peu de terrains paraissent envisageables pour l'implantation de la production Biomasse, la zone définie derrière le gymnase semble plutôt adaptée



Scénario 1 - puissance

- ▶ Les résultats sont visibles ci-dessous :

SST	Client	Puissance (kW)	MWh référence	Coef G
MAIRIE	Ville de Seloncourt	70	84	1,00
GYMNASE	Ville de Seloncourt	183	183	0,40
SALLE POLYVALENTE	Ville de Seloncourt	300	300	1,10
FOYER GLYCINES	Ville de Seloncourt	80	80	1,29
FONDERIE	Ville de Seloncourt	52	52	1,00
ECOLE LOUISE MICHEL	Ville de Seloncourt	73	88	1,03
ECOLE MARCEL LEVIN	Ville de Seloncourt	92	110	1,05
MAISON DE SANTE	Syndic OGT	44	44	1,10
MUSEE	Ville de Seloncourt	47	47	1,36
ESPACE ASSOC MARCEL LEVIN	Ville de Seloncourt	47	47	1,36
CENTRE CULTUREL	Ville de Seloncourt	79	79	0,86
MAISON AGES & VIE	Ages et vie	107	203	0,70
EGLISE	Paroisse St Eloi	59	30	2,00
COPRO+COMMERCE	Syndic	53	53	1,10
LA POSTE	La poste	22	22	1,40
Total		1309	1423	

- Les données correspondent aux besoins utiles en sous-station

Scénario 1 – pertes thermiques

- ▶ Ce qui amène aux résultats suivants :

Estimation annuelle	MWh	%
Consommations	1707	100%
Pertes réseau	284	17%

- ▶ La consommation global annuelle du projet est estimée à 1 707 MWh en sortie de chaufferie

Scénario 1 – dimensionnement réseau

► Résultats du dimensionnement

Tronçon	Longueur (mL)	Puissance (kW)	Vitesse de passage du fluide (m/s)	DN minimal normalisé	Investissement (€HT)
SEL-1	62,4	1342	✓ 1,40	100	37 440
SEL-2	34,9	963	✓ 1,57	80	20 940
SEL-gymnase	1	188	! 1,92	32	400
SEL-1-1	86,7	191	! 1,95	32	34 680
SEL-3	66	881	✓ 1,44	80	39 600
SEL-foyer glycines	26	82	✓ 1,38	25	7 800
SEL-centre culturel	53,2	81	✓ 1,36	25	15 960
SEL-4	124	573	✓ 1,42	65	74 400
SEL-salle polyvalente	6,25	308	✓ 1,29	50	3 750
SEL-fonderie	16,5	53	✓ 0,90	25	4 950
SEL-maison ages et vie	19,2	109	! 1,83	25	5 760
SEL-5	56,3	520	✓ 1,29	65	33 780
SEL-5-1	59	71	✓ 1,20	25	17 700
SEL-mairie	3,9	71	✓ 1,20	25	1 170
SEL-6	78,5	448	! 1,87	50	47 100
SEL-ecole louise michel	5	75	✓ 1,26	25	1 500

Scénario 1 – dimensionnement réseau

► Résultats du dimensionnement

Tronçon	Longueur (mL)	Puissance (kW)	Vitesse de passage du fluide (m/s)	DN minimal normalisé	Investissement (€HT)
SEL-6-1	15	130	✓ 1,33	32	6 000
SEL-copro+commerce	19,5	55	✓ 0,91	25	5 850
SEL-7	90,7	318	✓ 1,33	50	54 420
SEL-7-1	15,9	318	✓ 1,33	50	9 540
SEL-7-2	11,2	270	! 1,76	40	4 480
SEL-7-3	13,3	209	✓ 1,37	40	5 320
SEL-7-4	13	161	✓ 1,64	32	5 200
SEL-7-5	6,9	139	✓ 1,42	32	2 760
SEL-la poste	48	22	✓ 0,37	25	14 400
SEL-maison de santé	61,1	45	✓ 0,75	25	18 330
SEL-ecole marcel levin	59	94	✓ 1,57	25	17 700
SEL-musée	5,8	48	✓ 0,81	25	1 740
SEL-eglise	4,6	61	✓ 1,01	25	1 380
SEL-espace assoc marcel levin	3,1	48	✓ 0,81	25	930
Total	1066				494 980

Scénario 1 – dimensionnement réseau

- ▶ Cheminement des différents tronçons à créer :



Scénario 1 – densité thermique

- ▶ Afin de valider la pertinence de la création des différents tronçons de raccordement, la densité thermique de chaque branche a été contrôlée. Cette densité est exprimée en MWh annuels par mètre linéaire de réseau.

Tronçon	Longueur (mL)	Consommation (MWh)	Densité (MWh/ml.an)
SEL-1	62,4	1707	✓ 27,4
SEL-2	34,9	1149	✓ 32,9
SEL-gymnase	1	220	✓ 219,6
SEL-1-1	86,7	338	✓ 3,9
SEL-3	66	1052	✓ 15,9
SEL-foyer glycines	26	97	✓ 3,7
SEL-centre culturel	53,2	95	! 1,8
SEL-4	124	692	✓ 5,6
SEL-salle polyvalente	6,25	360	✓ 57,6
SEL-fonderie	16,5	63	✓ 3,8
SEL-maison ages et vie	19,2	243	✓ 12,7
SEL-5	56,3	629	✓ 11,2
SEL-5-1	59	100	! 1,7
SEL-mairie	3,9	100	✓ 25,7
SEL-6	78,5	529	✓ 6,7
SEL-ecole louise michel	5	106	✓ 21,2

Scénario 1 – densité thermique

- ▶ Densité globale évaluée à **1,33 MWh/mL**
- ▶ Le seuil de 1,5 MWh/mL n'est pas atteint

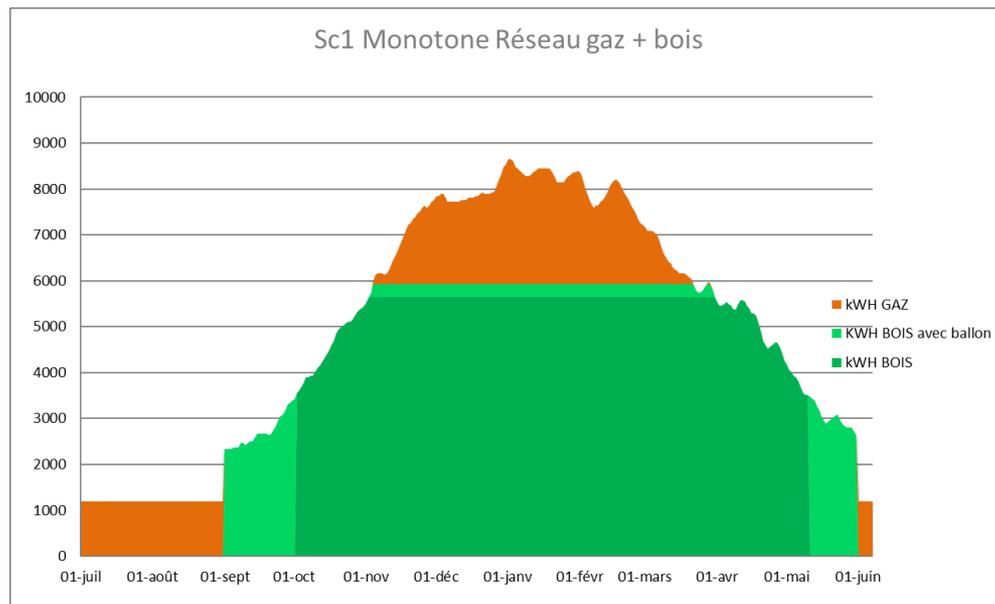
Tronçon	Longueur (mL)	Consommation (MWh)	Densité (MWh/ml.an)
SEL-6-1	15	170	✓ 11,3
SEL-copro+commerce	19,5	64	✓ 3,3
SEL-7	90,7	359	✓ 4,0
SEL-7-1	15,9	359	✓ 22,6
SEL-7-2	11,2	303	✓ 27,0
SEL-7-3	13,3	267	✓ 20,1
SEL-7-4	13	210	✓ 16,2
SEL-7-5	6,9	184	✓ 26,7
SEL-la poste	48	26	✗ 0,5
SEL-maison de santé	61,1	52	✗ 0,9
SEL-ecole marcel levin	59	132	! 2,2
SEL-musée	5,8	57	✓ 9,8
SEL-eglise	4,6	35	✓ 7,7
SEL-espace assoc marcel levin	3,1	57	✓ 18,3
Total	1066		

Scénario 1 – dimensionnement chaufferie

► Résultats de la monotone de chauffage

Résultats Modélisation Scénario 1	
Besoins Chauffage (kWh)	1270174
Besoins ECS (kWh)	152361
Pertes réseau (kWh)	284155
DJU Trentenaire	3017
Ratio Besoins / DJU (kWh/DJU)	421
Puissance chauffage à -13°C (kW)	1309
Puissance ECS (kW)	NC
Puissance Pertes à -13°C (kW)	32
Puissance max appelée à -13°C (kW)	1342

Dimensionnement Production	
Chaudière Bois (kW)	580
Chaudière Gaz (kW)	1342
Température ext fct mini bois seul (°C)	5,6
Température ext fct mini gaz (°C)	-13

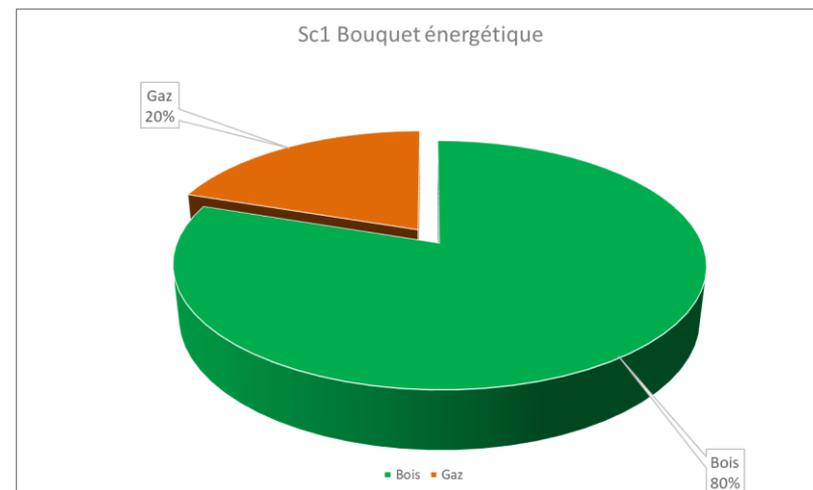


Scénario 1 – dimensionnement chaufferie

- ▶ Pour le réseau de Seloncourt, la puissance maximale appelée sur le réseau est de l'ordre de **1 342 kW**.
- ▶ Cette puissance est nécessaire pour une température extérieure de -13°C (seulement quelques heures dans l'année).
- ▶ Le dimensionnement de la production biomasse à **580 kW** permet de couvrir théoriquement 80% des besoins.
- ▶ Un appoint secours gaz de 1 342 kW sera nécessaire

Taux de couverture	
Bois	80%
Gaz	20%

Indicateurs production bois	
Taux de puissance bois	43%
Heures équivalentes	2 360 h



Scénario 1 – dimensionnement silo

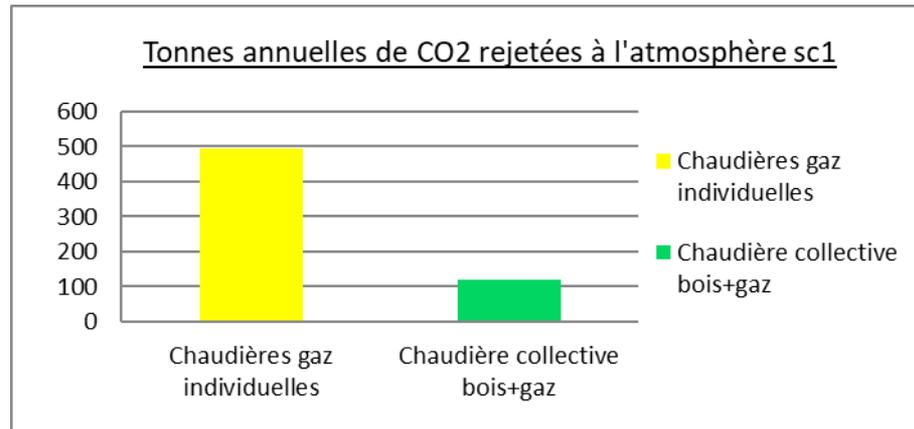
- Le dimensionnement du silo est présenté ci-dessous, l'autonomie minimale recommandée est de 4 jours (à pleine puissance) afin de couvrir un long weekend, cependant une autonomie de 10 jours permettraient une gestion plus confortable des livraisons.

Dimensionnement du Silo		Sc1
Puissance bois (kW)		580
Consommation maxi jour (kWh PCI utile comptage)		13920
Rendement production		85%
Consommation maxi jour combustible (Tonnes de bois)		5,1
Volume de combustible jour (m ³)		15
Taux de remplissage du silo		80%
Densité (kg/m ³)		350
Pouvoir calorifique (kWh/t)		3200,0
Volume brut de stockage 1 jour (m ³)		18,3
Volume brut de stockage 4 jour (m ³)		73,1
Volume brut de stockage 10 jour (m ³)		182,8
Nombre de livraison 40m ³ / an		45

- Le dimensionnement pour 4 jours d'autonomie nécessiterait 45 livraisons/an

Scénario 1 – impact environnemental

- ▶ L'impact environnemental du projet exprimé en tonnes de CO2 rejetés par an est visible ci-dessous :



- ▶ La mise en œuvre d'une chaufferie bi-énergie (bois+gaz) permet d'éviter le rejet de 375 tonnes de CO2 dans l'atmosphère.

Scénario 1

▶ Etude économique

Scénario 1 – investissements

- ▶ Les investissements suivants concernent la mise en place d'une chaufferie comportant 1 système de production au bois ainsi que 1 système de production au gaz. Ils tiennent compte non seulement de la production de chaleur mais également de la création des différents tronçons, du génie civil, des sous-stations terminales ainsi que des frais annexes.

Investissement	Sc1
Bâtiment, chaufferie, et aménagement extérieur	200 000 €HT
Process Bois	200 000 €HT
Process Gaz Naturel	80 000 €HT
Équipements connexes	90 000 €HT
Fabrication et poses des conduites primaires	500 000 €HT
Sous station < 1 MW	100 000 €HT
Maîtrise d'œuvre (%)	100 000 €HT
Total	1 270 000 €HT

- ▶ Les investissements s'élèvent à 1 270 000 €HT sur ce scénario.

Scénario 1 – subventions

- ▶ Les subventions suivantes sont envisageables dans ce scénario :
 - Fond chaleur : non mobilisable car production biomasse < 1200 MWh et densité < 1,5 MWh/mL.an
 - Feder : financement maximal à hauteur de 50% sur la chaufferie bois et le réseau; investissements non éligibles achat terrain/bâtiment, process énergie fossile
 - Région BFC : financement maximal à hauteur de 50% sur la chaufferie bois et 60 % sur le réseau; investissements non éligibles achat terrain/bâtiment, process énergie fossile (plafond de 300 000 €)
 - Département 25 : financement à hauteur de 28 % du plafond de 200 000 €

Scénario 1 – subventions

- ▶ Les montants des subventions mobilisables sont présentées ci-dessous :

Subventions	Sc1
Fond chaleur	0 €HT
Feder	200 000 €HT
Région BFC	300 000 €HT
Département 25	56 000 €HT
Total	556 000 €HT

- ▶ Le taux de subvention du projet est estimé à 44%.

Scénario 1 – coût de la chaleur

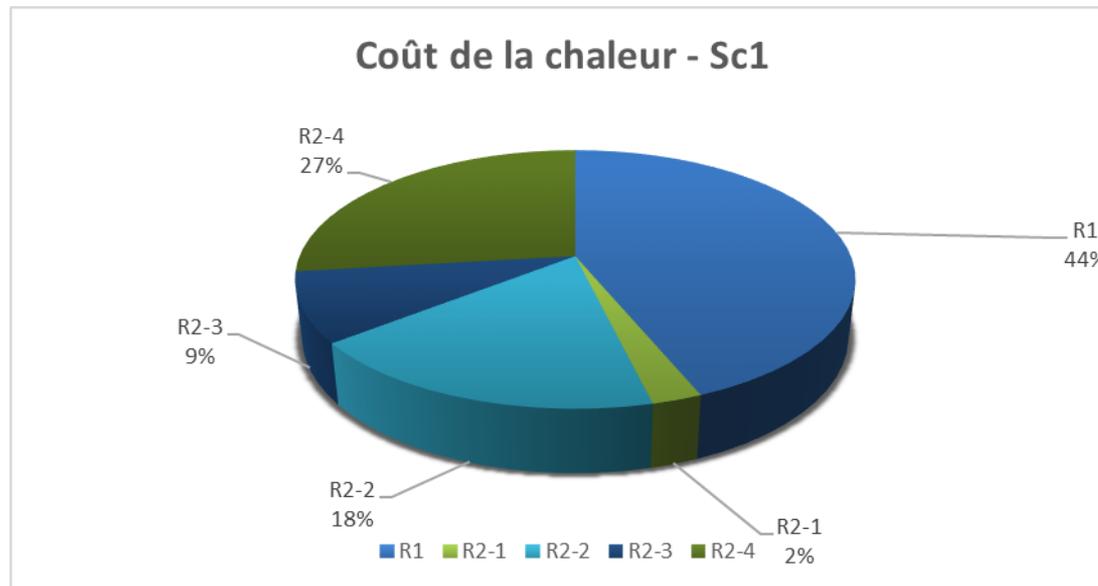
- ▶ Le coût de la chaleur est présenté ci-dessous :

Coût de la chaleur année 0	Sc1 € HT / MWh	Sc1 € TTC / MWh
Puissance souscrite	1 309 kW	
Besoins en SST	1 423 MWh	
R1	41,87 €HT / MWh	44,18 €TTC / MWh
R2-1	2,35 €HT / MWh	2,48 €TTC / MWh
R2-2	17,29 €HT / MWh	18,24 €TTC / MWh
R2-3	8,37 €HT / MWh	8,83 €TTC / MWh
R2-4	25,71 €HT / MWh	27,12 €TTC / MWh
CoûtTotal	95,59 €HT / MWh	100,85 €TTC / MWh

- ▶ Ce prix est compétitif par rapport à l'état de référence estimé à 107 €TTC/MWh, il est également légèrement plus avantageux que le tarif du scénario 0 en prix TTC mais ce n'est pas le cas en prix HT.

Scénario 1 – coût de la chaleur

- ▶ La répartition du coût de la chaleur est présentée ci-dessous :



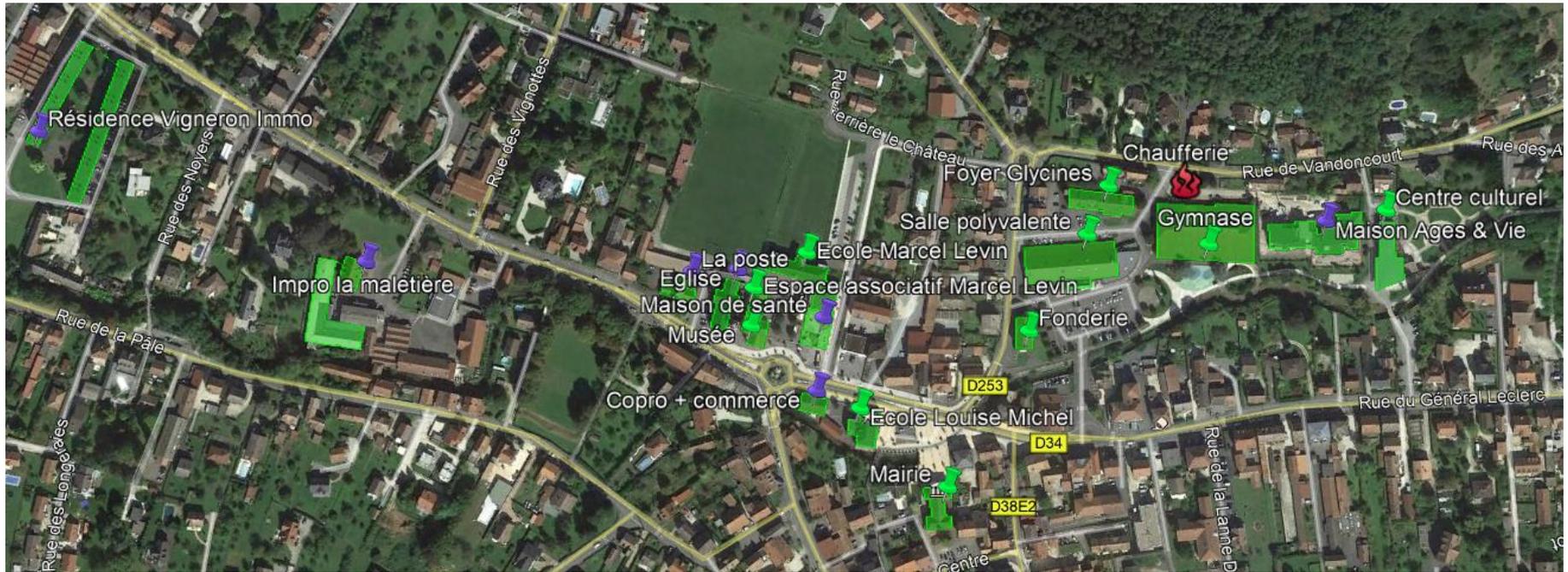
- ▶ Les montants R1 & R2 sont équilibrés sur le prix de la chaleur

Scénario 2

▶ Etude technique

Scénario 2 - périmètre

- ▶ Ce scénario a pour objectif de densifier le réseau et d'augmenter la production issue de la biomasse afin de rentrer dans les critères du fond chaleur. L'implantation des bâtiments est visible ci-dessous :



Scénario 2 - implantation

- ▶ Pour l'implantation de la production Biomasse, la zone définie derrière le gymnase reste adaptée. Ce scénario pourrait néanmoins ouvrir d'autres pistes, car les consommations ne seront plus centralisés au centre-ville.



- ▶ Le local de la chaufferie du gymnase ne pourra pas être réutilisé pour implanter la chaudière gaz de secours

Scénario 2 - puissance

- ▶ Les résultats sont visibles ci-dessous :

SST	Client	Puissance (kW)	MWh référence	Coef G
MAIRIE	Ville de Seloncourt	70	84	1,00
GYMNASÉ	Ville de Seloncourt	183	183	0,40
SALLE POLYVALENTE	Ville de Seloncourt	300	300	1,10
FOYER GLYCINES	Ville de Seloncourt	80	80	1,29
FONDERIE	Ville de Seloncourt	52	52	1,00
ECOLE LOUISE MICHEL	Ville de Seloncourt	73	88	1,03
ECOLE MARCEL LEVIN	Ville de Seloncourt	92	110	1,05
MAISON DE SANTE	Syndic OGT	44	44	1,10
MUSEE	Ville de Seloncourt	47	47	1,36
ESPACE ASSOC MARCEL LEVIN	Ville de Seloncourt	47	47	1,36
CENTRE CULTUREL	Ville de Seloncourt	79	79	0,86
MAISON AGES & VIE	Ages et vie	107	203	0,70
EGLISE	Paroisse St Eloi	59	30	2,00
COPRO+COMMERCE	Syndic	53	53	1,10
LA POSTE	La poste	22	22	1,40
RESIDENCE VIGNERON IMMO	Vignerons immobilier	760	1253	1,40
IMPRO LA MALETIERE	Adapei du Doubs	58	74	1,30
Total		2127	2749	

- Les données correspondent aux besoins utiles en sous-station

Scénario 2 – pertes thermiques

- ▶ Ce qui amène aux résultats suivants :

Estimation annuelle	MWh	%
Consommations	3292	100%
Pertes réseau	543	16%

- ▶ La consommation global annuelle du projet est estimée à 3 292 MWh en sortie de chaufferie

Scénario 2 – dimensionnement réseau

► Résultats du dimensionnement

Tronçon	Longueur (mL)	Puissance (kW)	Vitesse de passage du fluide (m/s)	DN minimal normalisé	Investissement (€HT)
SEL-1	62,4	2189	✓ 1,46	125	37 440
SEL-2	34,9	1809	! 1,89	100	20 940
SEL-gymnase	1	188	! 1,92	32	400
SEL-1-1	86,7	191	! 1,95	32	34 680
SEL-3	66	1726	! 1,81	100	39 600
SEL-foyer glycines	26	83	✓ 1,39	25	7 800
SEL-centre culturel	53,2	82	✓ 1,36	25	15 960
SEL-4	124	1417	✓ 1,48	100	74 400
SEL-salle polyvalente	6,25	309	✓ 1,29	50	3 750
SEL-fonderie	16,5	54	✓ 0,90	25	4 950
SEL-maison ages et vie	19,2	110	! 1,84	25	5 760
SEL-5	56,3	1363	✓ 1,43	100	33 780
SEL-5-1	59	72	✓ 1,20	25	17 700
SEL-mairie	3,9	72	✓ 1,20	25	1 170
SEL-6	78,5	1291	✓ 1,35	100	47 100
SEL-ecole louise michel	5	76	✓ 1,26	25	1 500

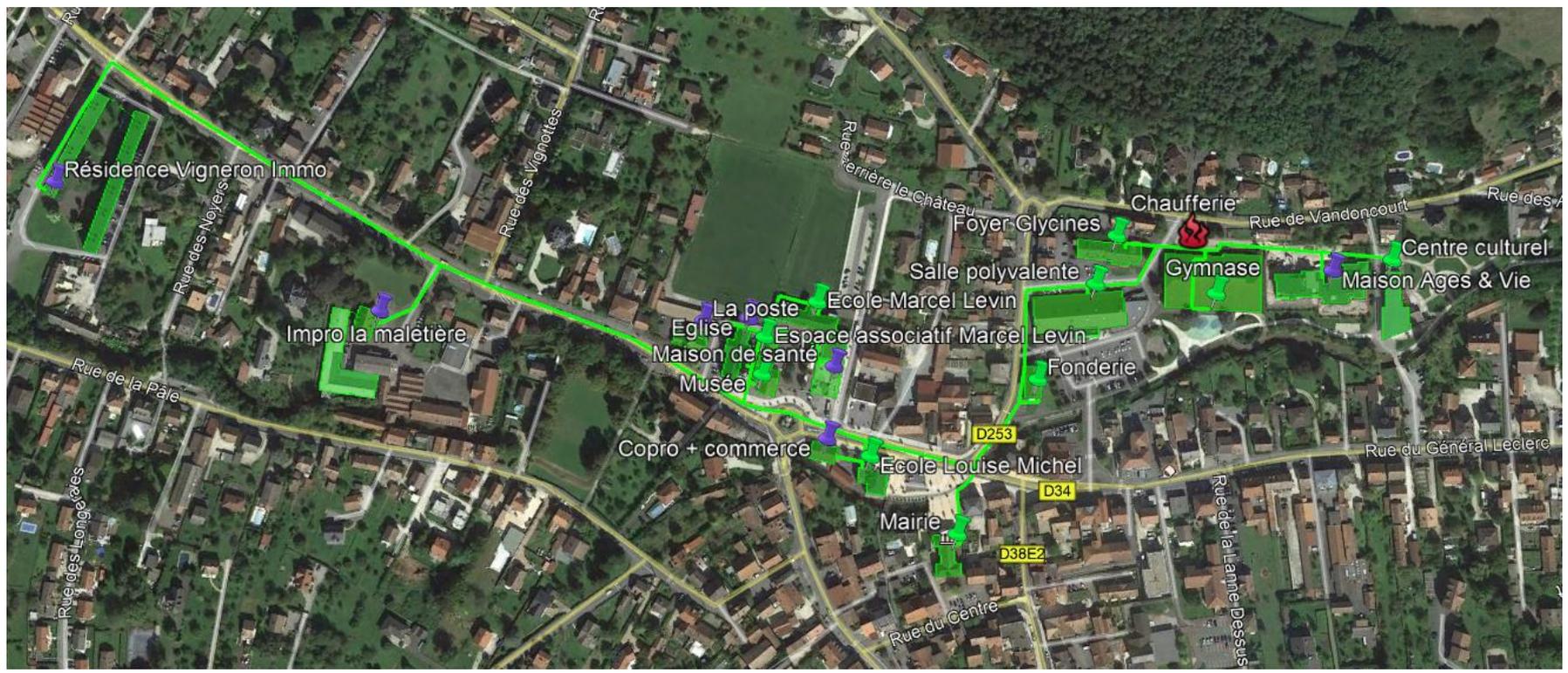
Scénario 2 – dimensionnement réseau

► Résultats du dimensionnement

Tronçon	Longueur (mL)	Puissance (kW)	Vitesse de passage du fluide (m/s)	DN minimal normalisé	Investissement (€HT)
SEL-6-1	15	130	✓ 1,33	32	6 000
SEL-copro+commerce	19,5	55	✓ 0,92	25	5 850
SEL-7	90,7	1161	! 1,90	80	54 420
SEL-7-1	15,9	320	✓ 1,34	50	9 540
SEL-7-2	11,2	271	! 1,77	40	4 480
SEL-7-3	13,3	210	✓ 1,37	40	5 320
SEL-7-4	13	162	✓ 1,65	32	5 200
SEL-7-5	6,9	139	✓ 1,42	32	2 760
SEL-la poste	48	22	✓ 0,37	25	14 400
SEL-maison de santé	61,1	45	✓ 0,75	25	18 330
SEL-ecole marcel levin	59	94	✓ 1,58	25	17 700
SEL-musée	5,8	49	✓ 0,81	25	1 740
SEL-eglise	4,6	61	✓ 1,02	25	1 380
SEL-espace assoc marcel levin	3,1	49	✓ 0,81	25	930
SEL-8	238	841	✓ 1,37	80	142 800
SEL-impro la maletiere	67	60	✓ 1,00	25	20 100
SEL-residence vigneron immo	396	782	! 1,93	65	237 600
Total	1767				895 480

Scénario 2 – dimensionnement réseau

- ▶ Cheminement des différents tronçons à créer :



Scénario 2 – densité thermique

- ▶ Afin de valider la pertinence de la création des différents tronçons de raccordement, la densité thermique de chaque branche a été contrôlée. Cette densité est exprimée en MWh annuels par mètre linéaire de réseau.

Tronçon	Longueur (mL)	Consommation (MWh)	Densité (MWh/ml.an)
SEL-1	62,4	3292	✓ 52,8
SEL-2	34,9	2735	✓ 78,4
SEL-gymnase	1	219	✓ 219,2
SEL-1-1	86,7	338	✓ 3,9
SEL-3	66	2639	✓ 40,0
SEL-foyer glycines	26	96	✓ 3,7
SEL-centre culturel	53,2	95	! 1,8
SEL-4	124	2279	✓ 18,4
SEL-salle polyvalente	6,25	360	✓ 57,5
SEL-fonderie	16,5	63	✓ 3,8
SEL-maison ages et vie	19,2	243	✓ 12,7
SEL-5	56,3	2217	✓ 39,4
SEL-5-1	59	100	! 1,7
SEL-mairie	3,9	100	✓ 25,7
SEL-6	78,5	2117	✓ 27,0
SEL-ecole louise michel	5	106	✓ 21,1

Scénario 2 – densité thermique

- ▶ Densité globale évaluée à **1,56 MWh/mL**
- ▶ La résidence Vigneron Immobilier est indispensable pour dépasser le seuil de 1,5 MWh/mL

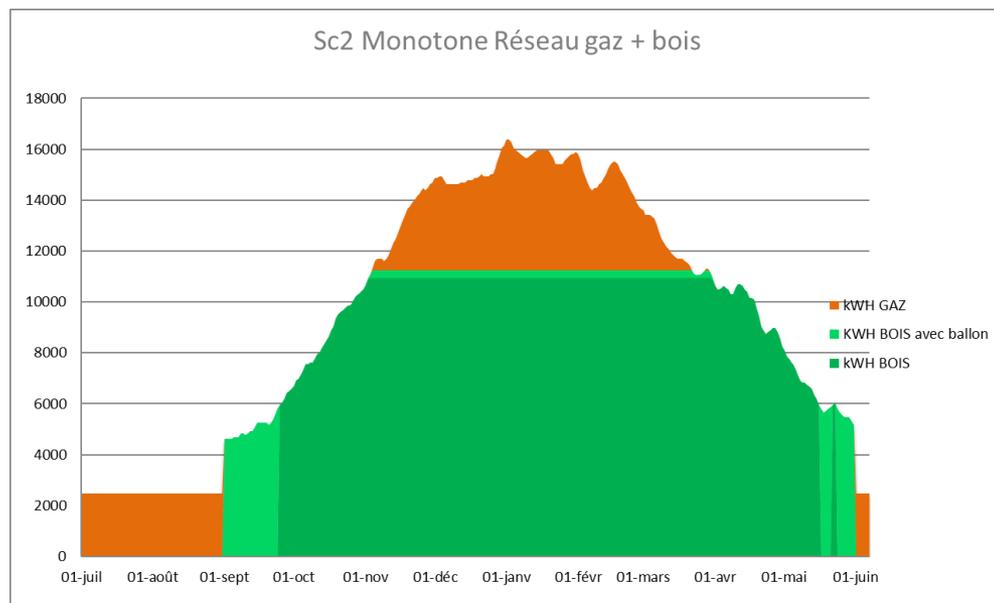
Tronçon	Longueur (mL)	Consommation (MWh)	Densité (MWh/ml.an)
SEL-6-1	15	169	✓ 11,3
SEL-copro+commerce	19,5	64	✓ 3,3
SEL-7	90,7	1947	✓ 21,5
SEL-7-1	15,9	359	✓ 22,5
SEL-7-2	11,2	302	✓ 27,0
SEL-7-3	13,3	267	✓ 20,0
SEL-7-4	13	210	✓ 16,2
SEL-7-5	6,9	184	✓ 26,7
SEL-la poste	48	26	✗ 0,5
SEL-maison de santé	61,1	52	✗ 0,9
SEL-ecole marcel levin	59	132	! 2,2
SEL-musée	5,8	57	✓ 9,8
SEL-eglise	4,6	35	✓ 7,7
SEL-espace assoc marcel levin	3,1	57	✓ 18,3
SEL-8	238	1589	✓ 6,7
SEL-impro la maletiere	67	88	✗ 1,3
SEL-residence vigneron immo	396	1501	✓ 3,8
Total	1767		

Scénario 2 – dimensionnement chaufferie

► Résultats de la monotone de chauffage

Résultats Modélisation Scénario 2	
Besoins Chauffage (kWh)	2391506
Besoins ECS (kWh)	357779
Pertes réseau (kWh)	542932
DJU Trentenaire	3017
Ratio Besoins / DJU (kWh/DJU)	793
Puissance chauffage à -13°C (kW)	2127
Puissance ECS (kW)	NC
Puissance Pertes à -13°C (kW)	62
Puissance max appelée à -13°C (kW)	2189

Dimensionnement Production	
Chaudière Bois (kW)	980
Chaudière Gaz (kW)	2189
Température ext fct mini bois seul (°C)	5,2
Température ext fct mini gaz (°C)	-14

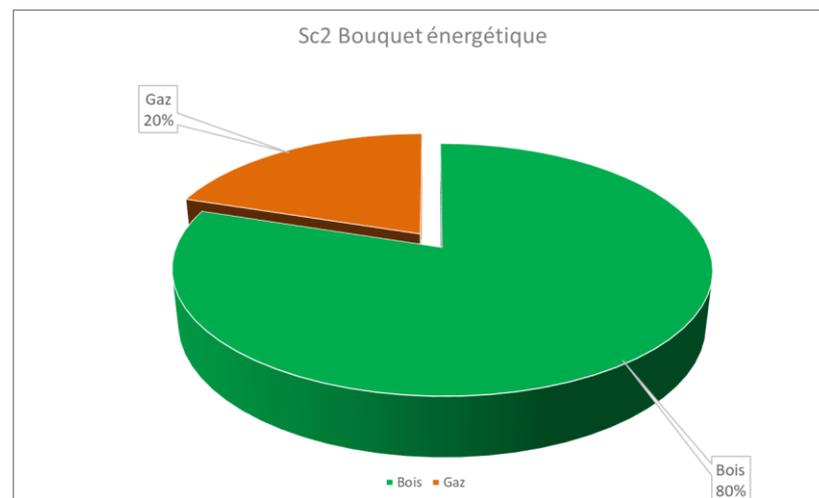


Scénario 2 – dimensionnement chaufferie

- ▶ Pour le réseau de Seloncourt, la puissance maximale appelée sur le réseau est de l'ordre de **2 189 kW**.
- ▶ Cette puissance est nécessaire pour une température extérieure de -13°C (seulement quelques heures dans l'année).
- ▶ Le dimensionnement de la production biomasse à **980 kW** permet de couvrir théoriquement 80% des besoins.
- ▶ Un appoint secours gaz de 2 189 kW sera nécessaire

Taux de couverture	
Bois	80%
Gaz	20%

Indicateurs production bois	
Taux de puissance bois	45%
Heures équivalentes	2 689 h



Scénario 2 – dimensionnement silo

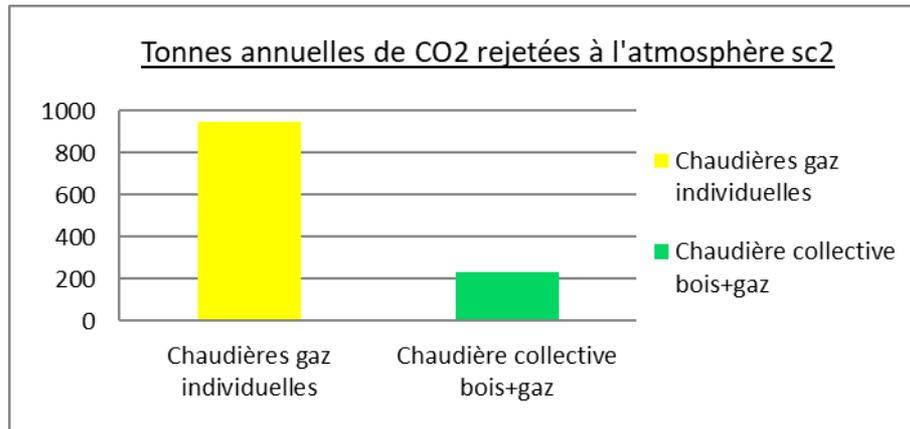
- Le dimensionnement du silo est présenté ci-dessous, l'autonomie minimale recommandée est de 4 jours (à pleine puissance) afin de couvrir un long weekend, cependant une autonomie de 10 jours permettraient une gestion plus confortable des livraisons.

Dimensionnement du Silo		Sc2
Puissance bois (kW)		980
Consommation maxi jour (kWh PCI utile comptage)		23520
Rendement production		85%
Consommation maxi jour combustible (Tonnes de bois)		8,6
Volume de combustible jour (m ³)		25
Taux de remplissage du silo		80%
Densité (kg/m ³)		350
Pouvoir calorifique (kWh/t)		3200,0
Volume brut de stockage 1 jour (m ³)		30,9
Volume brut de stockage 4 jour (m ³)		123,5
Volume brut de stockage 10 jour (m ³)		308,8
Nombre de livraison 40m ³ / an		87

- Le dimensionnement pour 4 jours d'autonomie nécessiterait 87 livraisons/an

Scénario 2 – impact environnemental

- ▶ L'impact environnemental du projet exprimé en tonnes de CO2 rejetés par an est visible ci-dessous :



- ▶ La mise en œuvre d'une chaufferie bi-énergie (bois+gaz) permet d'éviter le rejet de 721 tonnes de CO2 dans l'atmosphère.

Scénario 2

▶ Etude économique

Scénario 2 – investissements

- ▶ Les investissements suivants concernent la mise en place d'une chaufferie comportant 1 système de production au bois ainsi que 1 système de production au gaz. Ils tiennent compte non seulement de la production de chaleur mais également de la création des différents tronçons, du génie civil, des sous-stations terminales ainsi que des frais annexes.

Investissement	Sc2
Bâtiment, chaufferie, et aménagement extérieur	250 000 €HT
Process Bois	320 000 €HT
Process Gaz Naturel	130 000 €HT
Équipements connexes	160 000 €HT
Fabrication et poses des conduites primaires	900 000 €HT
Sous station < 1 MW	120 000 €HT
Maîtrise d'œuvre (%)	160 000 €HT
Total	2 040 000 €HT

- ▶ Les investissements s'élèvent à 2 040 000 €HT sur ce scénario.

Scénario 2 – subventions

- ▶ Les subventions suivantes sont envisageables dans ce scénario :
 - Fond chaleur : financement selon ratios prédéfinis (par MWh ou mL), cumul des aides sur la production et le réseau
 - Feder : financement maximal à hauteur de 50% sur la chaufferie bois et le réseau; investissements non éligibles achat terrain/bâtiment, process énergie fossile
 - Région BFC : non mobilisable car production biomasse < 1200 MWh
 - Département 25 : financement à hauteur de 28 % du plafond de 200 000 €HT

Scénario 2 – subventions

- ▶ Les montants des subventions mobilisables sont présentées ci-dessous :

Subventions	Sc2
Fond chaleur	1 108 734 €HT
Feder	200 000 €HT
Région BFC	0 €HT
Département 25	56 000 €HT
Total	1 364 734 €HT

- ▶ Le taux de subvention du projet est estimé à 67%.

Scénario 2 – coût de la chaleur

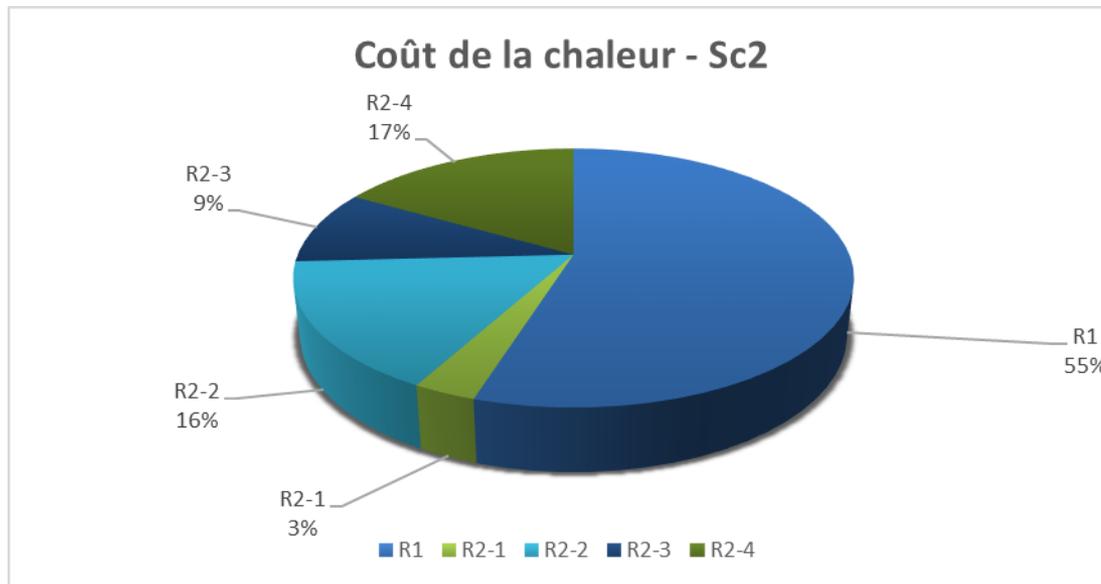
- ▶ Le coût de la chaleur est présenté ci-dessous :

Coût de la chaleur année 0	Sc2 € HT / MWh	Sc2 € TTC / MWh
Puissance souscrite	2 127 kW	
Besoins en SST	2 749 MWh	
R1	41,46 €HT / MWh	43,74 €TTC / MWh
R2-1	2,35 €HT / MWh	2,48 €TTC / MWh
R2-2	12,26 €HT / MWh	12,93 €TTC / MWh
R2-3	6,95 €HT / MWh	7,33 €TTC / MWh
R2-4	12,58 €HT / MWh	13,27 €TTC / MWh
CoûtTotal	75,59 €HT / MWh	79,75 €TTC / MWh

- ▶ Ce prix est compétitif par rapport à l'état de référence estimé à 107 €TTC/MWh, il est également plus avantageux que le tarif des scénarios 0 & 1.

Scénario 2 – coût de la chaleur

- ▶ La répartition du coût de la chaleur est présentée ci-dessous :



- ▶ Les montants R1 & R2 sont équilibrés sur le prix de la chaleur

Synthèse

- ▶ Prix de la chaleur compétitif par rapport à l'état de référence
- ▶ 3 scénarios envisageables (interne, centre-ville ou étendu)
- ▶ Nécessité de raccorder une pluralité de clients pour obtenir un tarif compétitif
- ▶ Fond chaleur mobilisable dans le scénario 2, grâce au raccordement de la résidence Vigneron Immobilier
- ▶ Emplacement de la chaufferie à confirmer dans le scénario 2

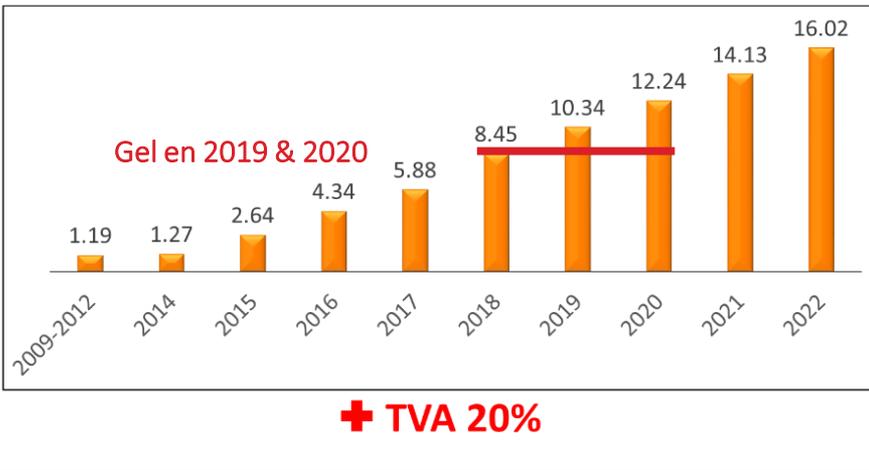
Synthèse

- ▶ Le prix actuel de l'énergie (gaz) est composé des postes suivants :
 - Prix moyen du gaz entrée chaufferie (données 2019) : 69 €TTC / MWhpcs
 - Prix moyen de l'énergie utile (P1 en 2019) pour l'ensemble des bâtiments :
 - 85 €TTC / MWh
 - Prix moyen de l'énergie utile (**P1** en 2021) pour l'ensemble des bâtiments :
 - **88 €TTC / MWh**
 - Coûts **P2/P3** pour l'ensemble des bâtiments :
 - 10 080 €TTC soit **9,4 €TTC / MWh**
 - Coûts **P4** (renouvellement des chaudières suivant leur vétusté sur 25ans)
 - 9 840 €TTC soit **9,2 €TTC / MWh**
 - Coût de référence de la solution gaz : $88+9,4+9,2 =$ **107 €TTC / MWh**

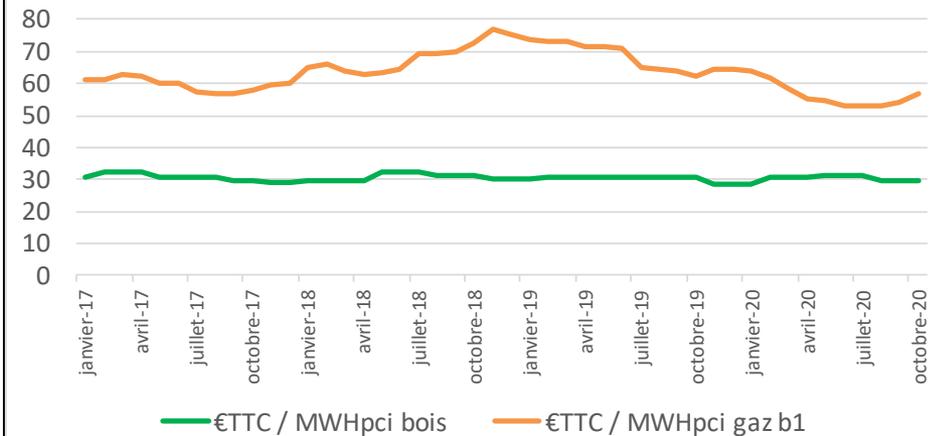
Synthèse

- ▶ Evolution du prix des énergies :
 - Stabilité du prix du bois (énergie locale et renouvelable)
 - Evolution des taxes sur le gaz (énergie fossile)

• Évolution de la TICGN (€HT/MWH PCS gaz) :



Evolution du prix des énergies



Synthèse

- ▶ Les données clés sont présentées ci-dessous :

Synthèse	Scénario 0	Scénario 1	Scénario 2
Puissance souscrite	1 025 kW	1 309 kW	2 127 kW
Besoins en SST	1 072 MWh	1 423 MWh	2 749 MWh
Investissement	990 000 €HT	1 270 000 €HT	2 040 000 €HT
Subventions	556 000 €HT	556 000 €HT	1 364 734 €HT
Restant à financer	434 000 €HT	714 000 €HT	675 266 €HT
Coût de la chaleur €HT / MWh	91,83 €HT / MWh	95,59 €HT / MWh	75,59 €HT / MWh
Coût de la chaleur €TTC / MWh	110,19 €TTC / MWh	100,85 €TTC / MWh	79,75 €TTC / MWh

- ▶ Référence actuelle à **107 €TTC / MWh**