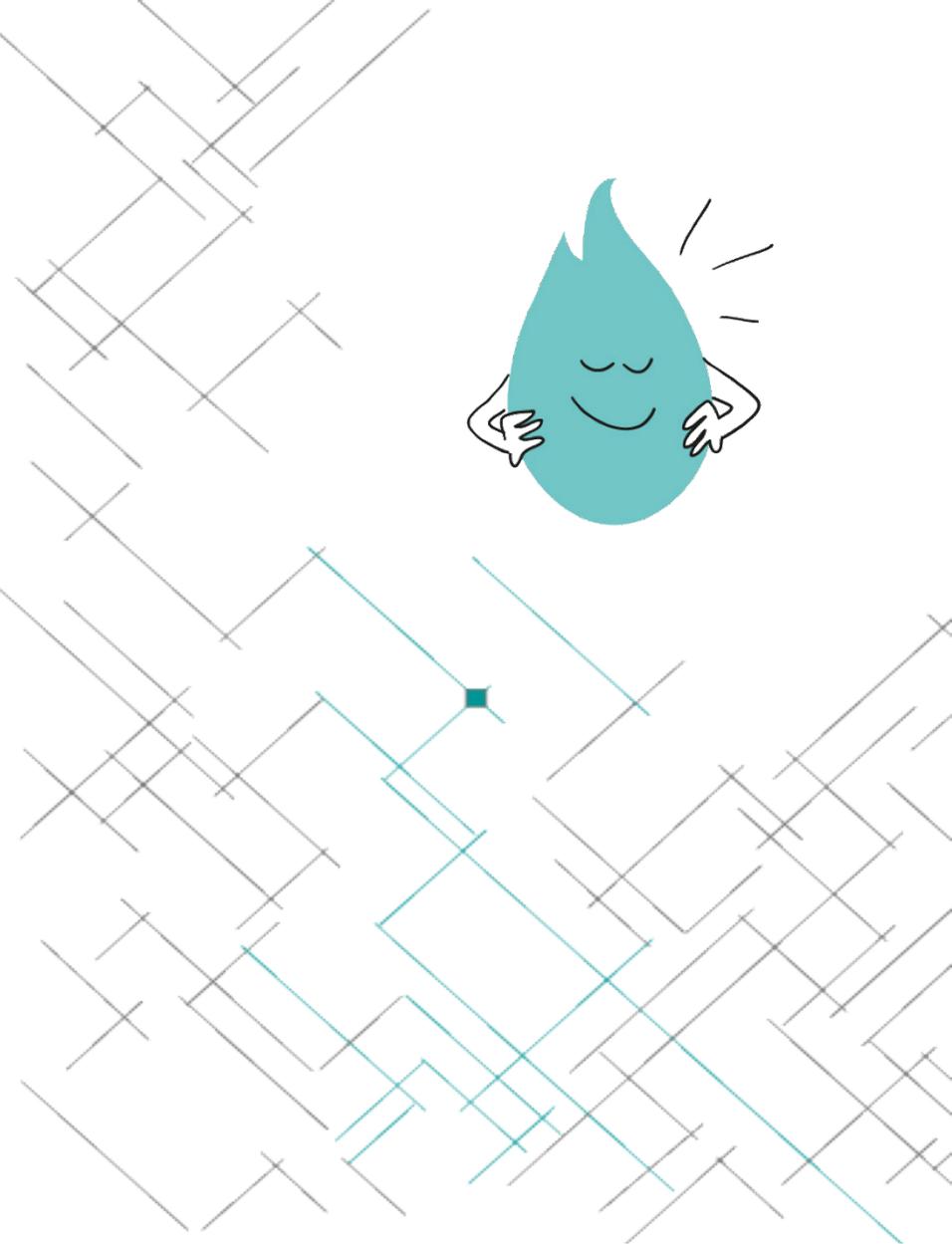


Etude de faisabilité pour la création d'un réseau géothermique à Chaudes Aigues

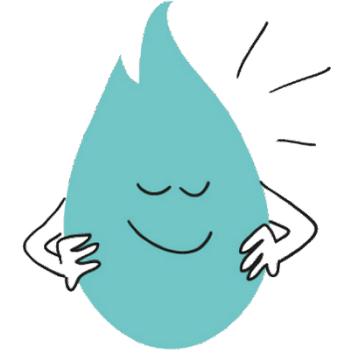
Présentation du 13/10/2023



Contenu de la présentation

- Etude énergétique
 - ◊ Bâtiments étudiés, besoins,
 - ◊ Ressources géothermiques,
 - ◊ Solutions techniques étudiées
- Approche technique
- Etude économique en coût global
 - ◊ Solution de référence
 - ◊ Solution réseau de chaleur
 - Investissements, financement
 - Compte d'exploitation prévisionnel
 - Prix de l'énergie livrée
 - ◊ Bilan comparatif
- Conclusion

ETUDE ENERGETIQUE



Bâtiments étudiés

BASE		énergie				total (mwh)	puissance (kw)
		chauffage (mwh)	eau chaude sanitaire (mwh)				
			total	hiver	été		
COMMUNE		442	78.0	11.7	66.3	520.0	497
1.01	MAIRIE	23.0				23.0	25
1.02	GYMNASÉ DE L'ENCLOS / SALLE ANNEXE	109.0				109.0	140
1.04	CINEMA / SDIS	70.0				70.0	80
1.05	PISCINE	140.0	60.0		60.0	200.0	150
1.06	MAISON DES ASSOCIATIONS	11.0				11.0	17
1.07	ANCIENNE ECOLE DE FILLES	89.0	18.0	11.7	6.3	107.0	85
TERTIAIRE PUBLIC		245				245.0	343
2.01	COLLEGE LOUIS PASTEUR	200.0				200.0	300
2.02	MAISON DES SERVICES	35.0				35.0	30
2.03	BATIMENT PARC DU MOULIN	10.0				10.0	13
TOTAL		687	78.0	11.7	66.3	765	840

Energies actuelles

-  Fioul
-  Electricité
-  Géothermie
-  Plaquettes



Besoins énergétiques

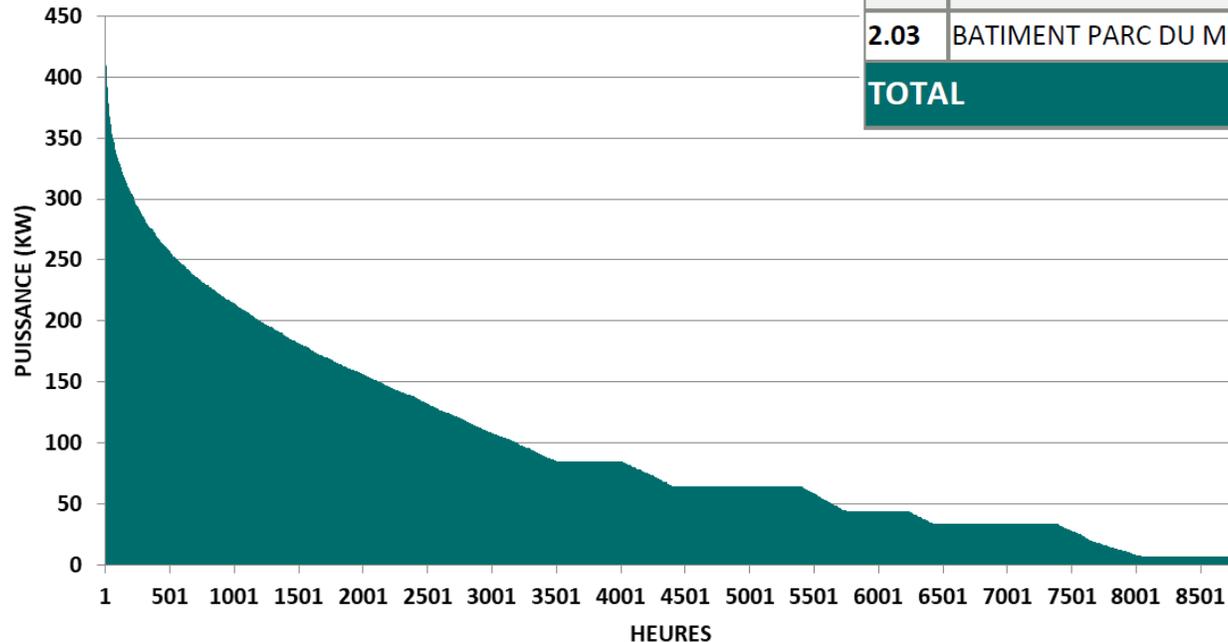
ENERGIE LIVREE :

765 MWh

PUISSANCE APPELEE

450 KW avec foisonnement

BASE		énergie				total (mwh)	puissance (kw)
		chauffage (mwh)	eau chaude sanitaire (mwh)				
			total	hiver	été		
COMMUNE		442	78.0	11.7	66.3	520.0	497
1.01	MAIRIE	23.0				23.0	25
1.02	GYMNASE DE L'ENCLOS / SALLE ANNEXE	109.0				109.0	140
1.04	CINEMA / SDIS	70.0				70.0	80
1.05	PISCINE	140.0	60.0		60.0	200.0	150
1.06	MAISON DES ASSOCIATIONS	11.0				11.0	17
1.07	ANCIENNE ECOLE DE FILLES	89.0	18.0	11.7	6.3	107.0	85
TERTIAIRE PUBLIC		245				245.0	343
2.01	COLLEGE LOUIS PASTEUR	200.0				200.0	300
2.02	MAISON DES SERVICES	35.0				35.0	30
2.03	BATIMENT PARC DU MOULIN	10.0				10.0	13
TOTAL		687	78.0	11.7	66.3	765	840



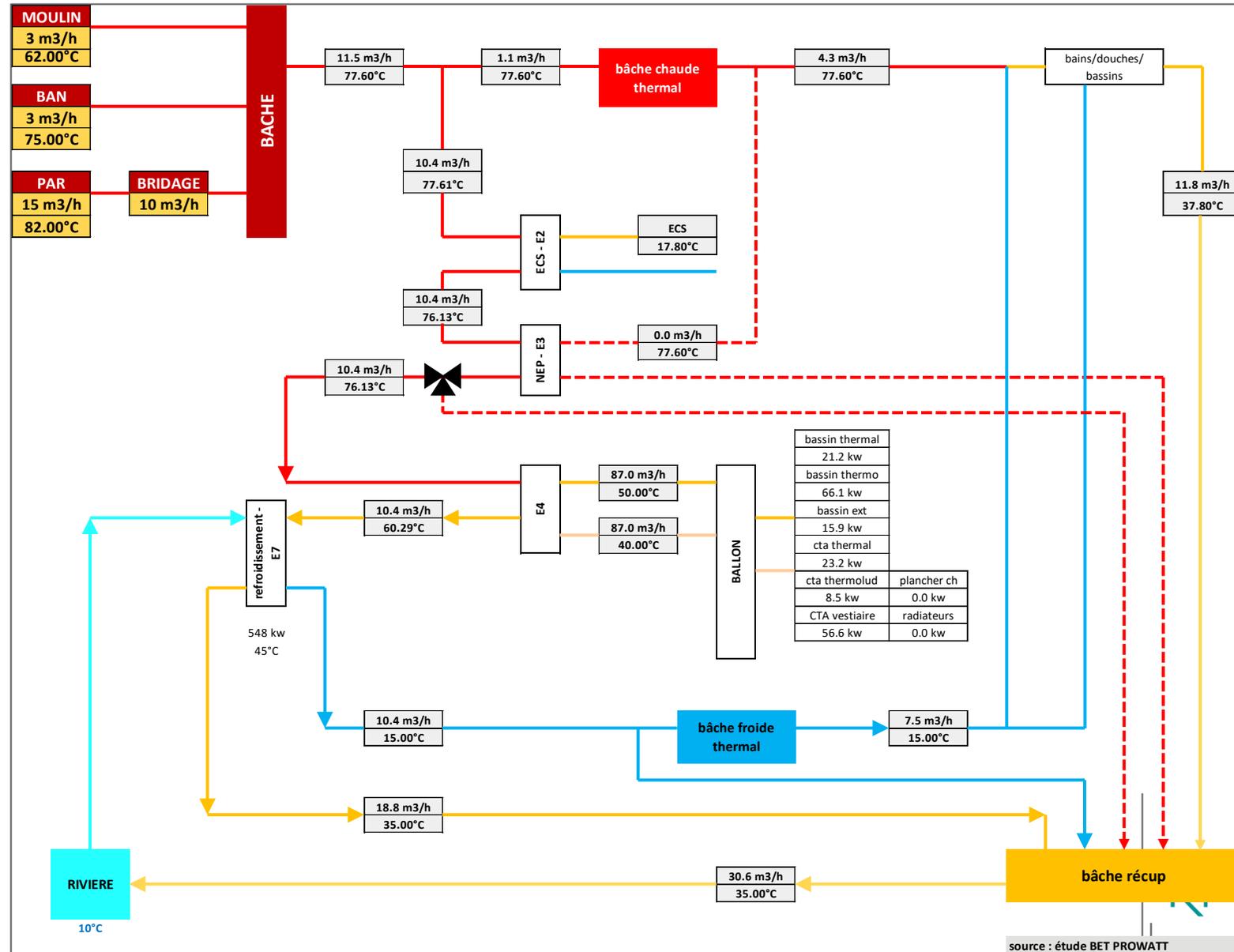
Ressources : CALEDEN (« étude récupération de chaleur ADEME »)

ACTUEL

- Utilisation uniquement de 10m³/h de la source du PAR
- Rejet d'eau à 35°C à la rivière
 - ~ 30 m³/h
- Gisement d'énergie valorisable
 - 3835 MWh

FUTUR / PROJET

- Augmentation fréquentation
- Utilisation de toutes les sources (MOULIN+BAN) : 16m³/h
- Chauffage de l'hôtel
 - 420 MWh / 200 kW
- Impact sur température de rejet ~ 6°C



source : étude BET PROWATT

Ressources géothermiques : GLOBAL

/// Gisement potentiel : suffisant

/// Le niveau de température nécessite un recours à des pompes à chaleur (PAC)

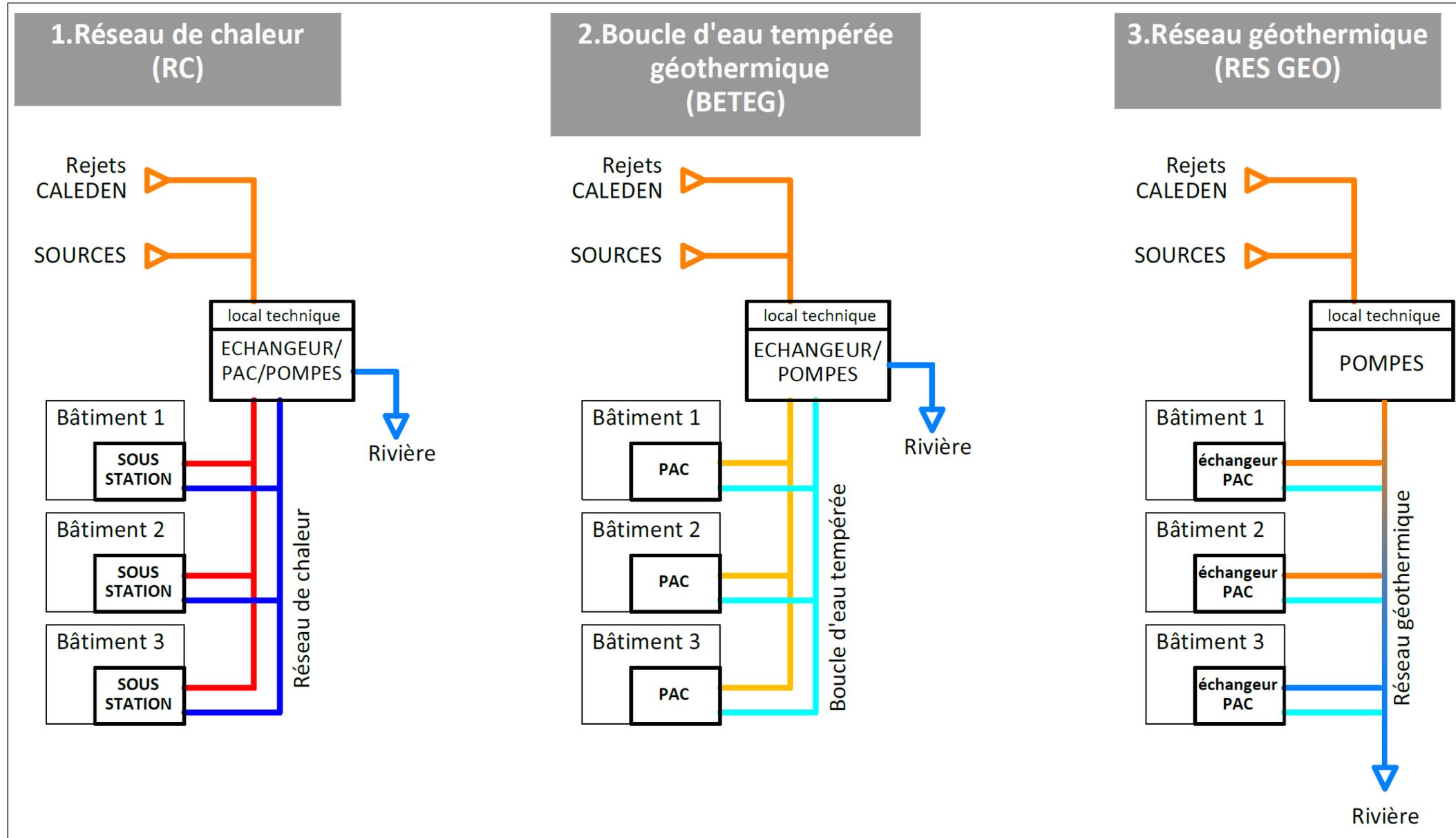
SOURCE	Température	Débit	DT	P.GEO (KW)	P.CALO (KW)
Source du PAR	80.0 °C	4.0 m3/h	65.0 °C	302	388
Source Viillard	68.0 °C	1.0 m3/h	53.0 °C	61	79
Source de l'hospice	67.0 °C	3.0 m3/h	52.0 °C	181	233
Rejets Caleden	29.0 °C	30.0 m3/h	14.0 °C	487	626
TOTAL	38.4 °C	38.0 m3/h	23.4 °C	1031	1326

TOTAL HORS CALEDEN	73.6 °C	8.0 m3/h	58.6 °C	544	699
---------------------------	----------------	-----------------	----------------	------------	------------

/// Ensemble des sources (rappel)

SOURCE	Utilisation/Destination	Température	Débit	DT	P.GEO (KW)	P.CALO (KW)
Source du Par	Piscine (été) / Eglise (hiver)	82.0 °C	5.00 m3/h	67.0 °C	389	500
	Caleden	82.0 °C	10.00 m3/h	67.0 °C	777	999
Forage du Ban	Caleden	75.0 °C	3.00 m3/h	60.0 °C	209	268
Source de la Bonde du Moulin	Caleden	62.0 °C	3.00 m3/h	47.0 °C	164	210
Source de la Grotte du Moulin	Hôtel Beauséjour	55.0 °C	2.00 m3/h	40.0 °C	93	119
Source Abrial	Maisons	68.0 °C	0.45 m3/h	53.0 °C	28	36
Source de l'hospice	Maison de retraite	67.0 °C	3.40 m3/h	52.0 °C	205	264
Source Clavières	Centre de rééducation fonctionnel	64.0 °C	0.60 m3/h	49.0 °C	34	44
Source Viillard	Piscine (été) / Eglise (hiver)	68.0 °C	1.00 m3/h	53.0 °C	61	79
Source du Lavoir	Eaux usées	50.0 °C	0.26 m3/h	35.0 °C	11	14
TOTAL			28.7 m3/h		1 970	2 533

Solutions techniques étudiées : 3 alternatives



Solutions techniques : synthèse

	SOLUTION TECHNIQUE		
	1. Réseau de chaleur	2. Boucle d'eau tempérée géothermique	3. Réseau géothermique
POMPES A CHALEUR	centralisées	décentralisées par bâtiment	décentralisées par bâtiment
RESEAU	2 TUBES	2 TUBES	1 TUBE
SEPARATION EAU GEO / EAU RESEAU	OUI	OUI	NON (point de vigilance sur l'encrassement)
EXIGENCE DENSITE THERMIQUE	OUI	NON	NON
TEMPERATURE RESEAU	HAUTE (60 à 70°C)	BASSE (~35°C)	BASSE (~35°C)

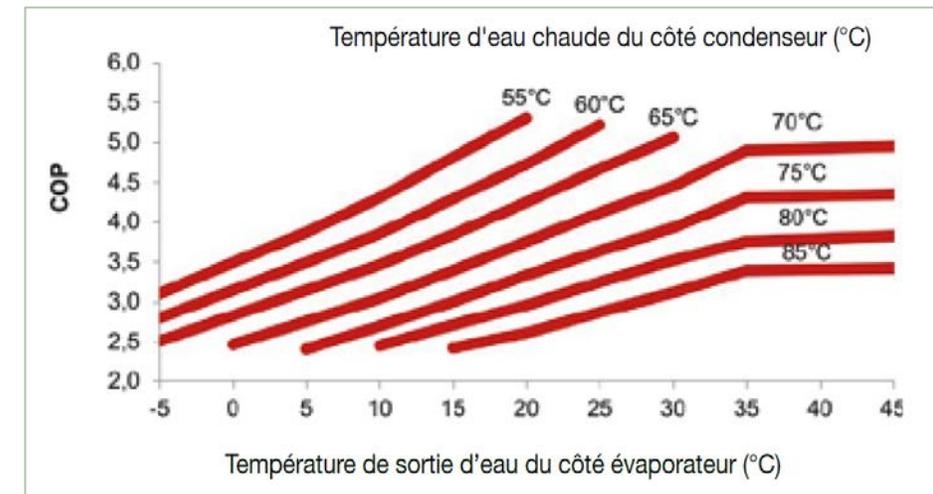
Bilan énergétique

SCENARIO		RC	BETEG	RES GEO
Energie livrée	mwh	765	765	765
Pertes réseau	mwh	238		
Rendement réseau		76 %		
Longueur réseau	mètres	950	950	950
Densité thermique	mwh/m	0.81		
SCENARIO		RC	BETEG	RES GEO
Energie produite	mwh	1 003	765	765
Energie produite	mwh	1 003	765	765
COP : Coefficient de performance		4.2	4.5	4.5
Consommations électriques	mwhé	239	170	170
Energie géothermique	mwh	764	595	595
TAUX ENR&R		76.2 %	77.8 %	77.8 %

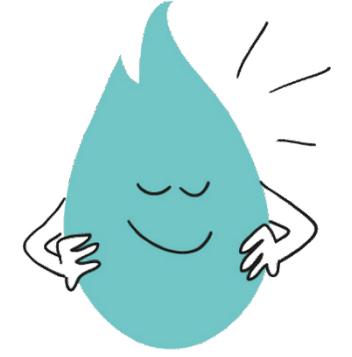
Scénario		RC	BETEG	RES GEO
Emissions de CO2 évitées	tonnes/an	132	144	144
Equivalent en nombre de voitures		88	96	96

➤ Éligibilité aux subventions du fonds chaleur (ADEME)

- ◆ Densité thermique supérieure à 1,5 MWh/mètre (si réseau de chaleur)
- ◆ Taux d'ENR&R > 65 %



APPROCHE TECHNIQUE



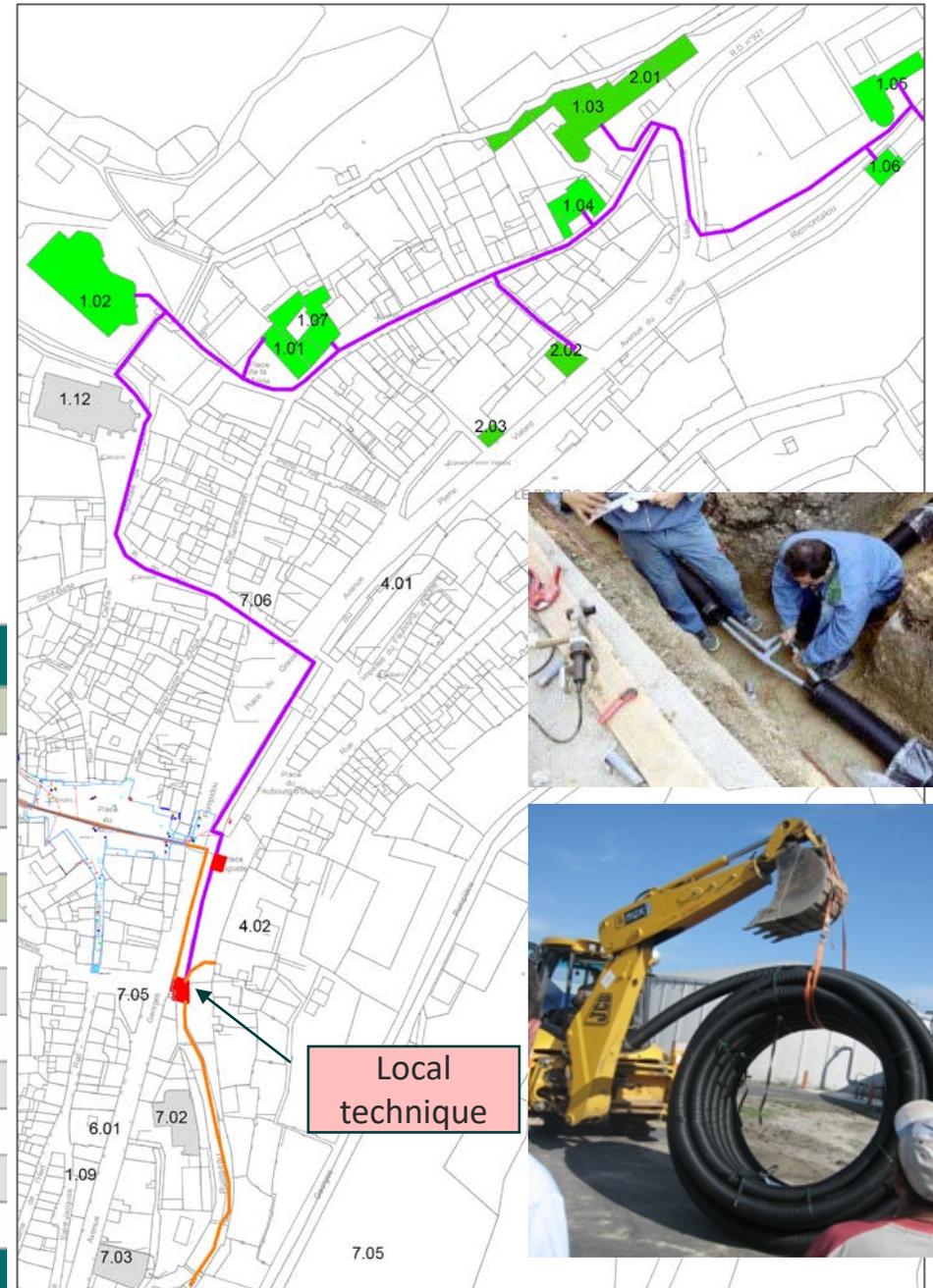
Réseau

- ▤ Longueur : 1200 mètres
 - ▤ Dont 250 mètres de liaison sources/Caleden
 - ▤ Dont 950 mètres pour la desserte des bâtiments

- ▤ Tuyau en plastique souple préisolé
 - ▤ Couronnes de 100 mètres
 - ▤ DN100 maxi

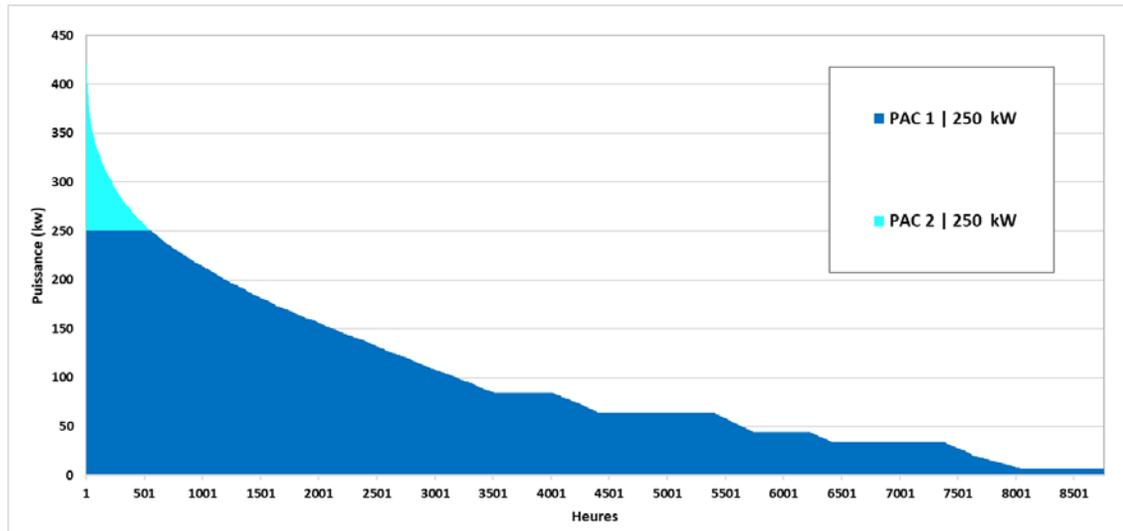
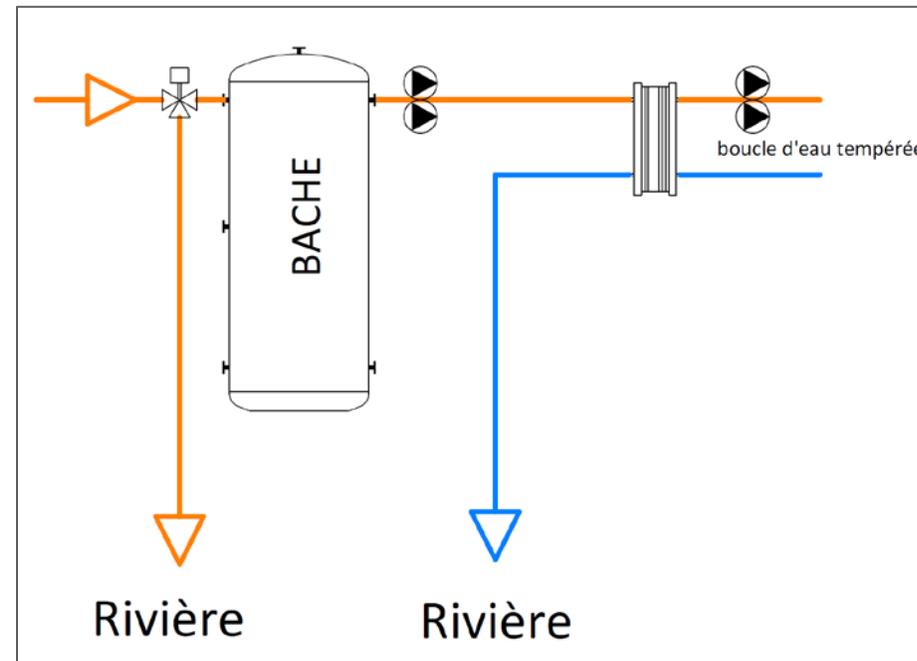
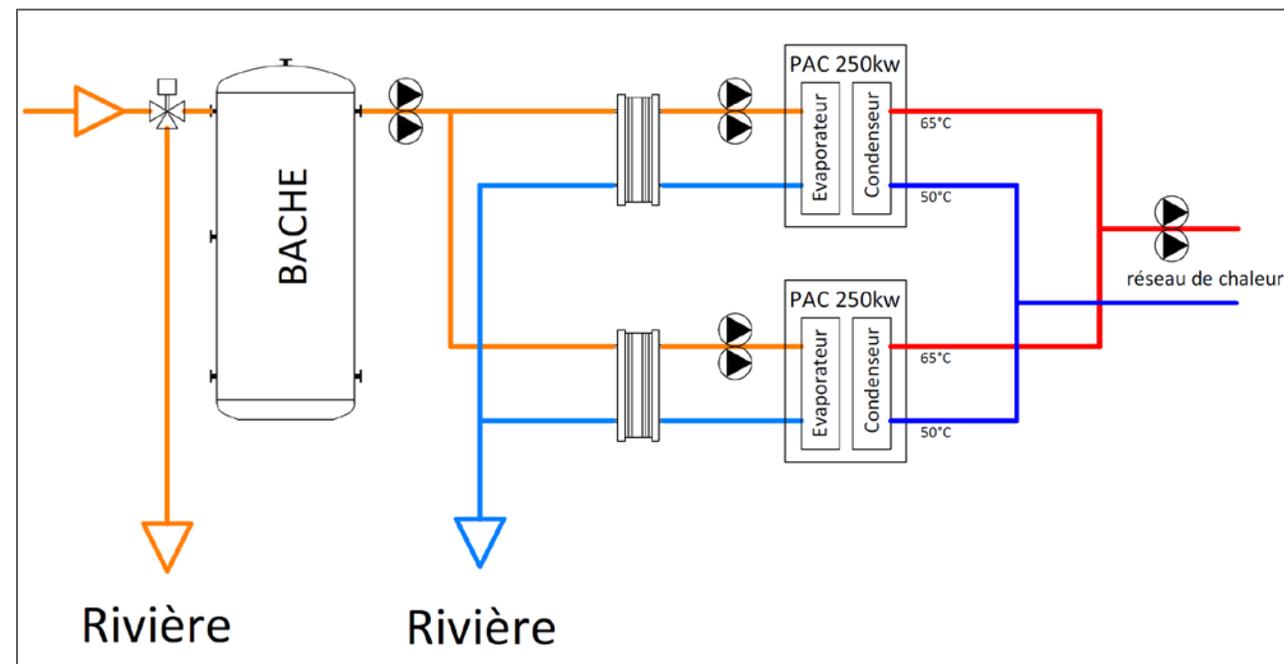


Périmètre	RC	Périmètre	BETEG
CALPEX DUO Isolation 2		CALPEX DUO Isolation 1	
DN 25	7	DN 25	7
DN 65	173	DN 50	173
<i>sous-total :</i>	180	<i>sous-total :</i>	180
CALPEX UNO Isolation 2		CALPEX UNO Isolation 1	
DN 32	20	DN 25	20
DN 40	50	DN 32	50
DN 50	17	DN 40	17
DN 65	16	DN 50	16
DN 80	88	DN 65	88
DN 100	577	DN 80	577
<i>sous-total :</i>	768	<i>sous-total :</i>	768
TOTAL (mètres)	948	TOTAL (mètres)	948



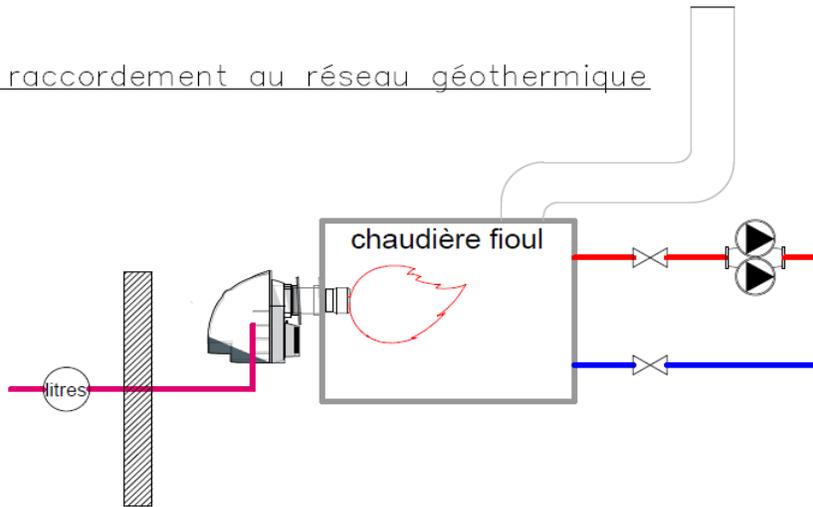
Local technique

- ▧ Bâche de mélange et de stockage
- ▧ Rejets de Caleden
- ▧ Sources
- ▧ Equipements hydrauliques
- ▧ Filtres / Pompes / Vannes de régulation / Compteurs de débit
- ▧ Régulation

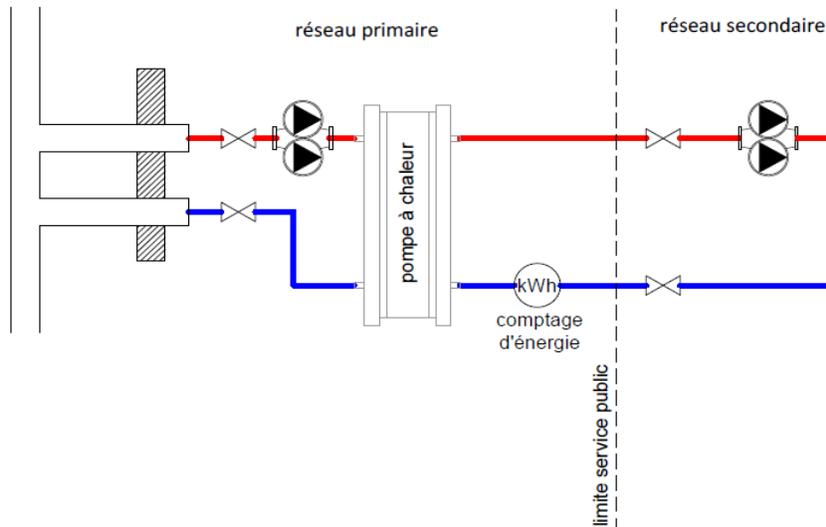


Pompes à chaleur

Avant raccordement au réseau géothermique

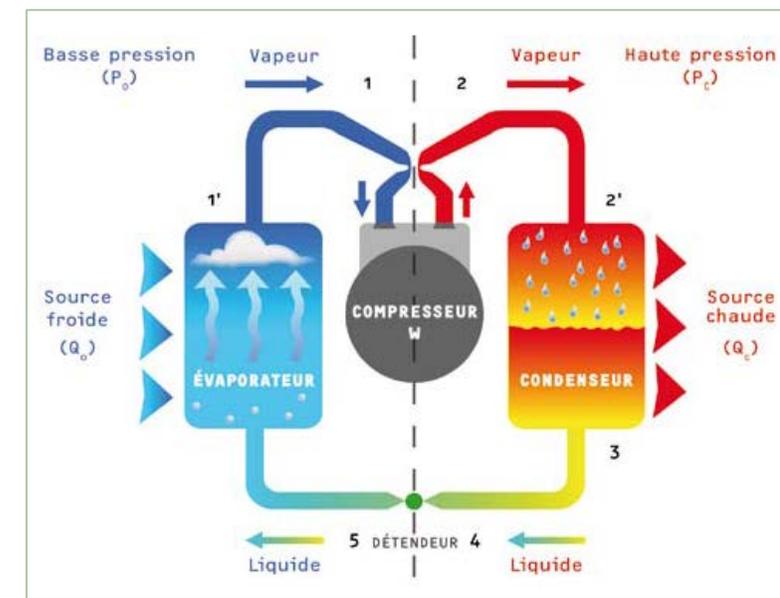


Après raccordement au réseau géothermique



Principe de fonctionnement d'une pompe à chaleur

- ◇ Evaporateur
- ◇ Compresseur,
- ◇ Condenseur
- ◇ Détendeur

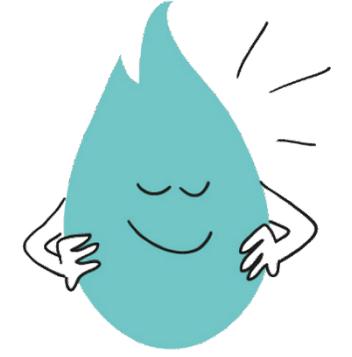


Autres équipements

- ◇ Compteur d'énergie
- ◇ Pompes
- ◇ Échangeur de protection de la PAC
- ◇ Régulation



ETUDE ECONOMIQUE



Etude économique : la solution de référence

- Dans la mesure où le réseau se substitue à une production de chaleur décentralisée, une approche en coût global permet une comparaison représentative
- Les charges composant le coût global sont les suivantes :
 - ◊ Achat d'énergie : P1 (propane à la place du fioul) / Entretien courant, maintenance : P2 / Gros entretien : P3 / Amortissement, financement : P4 (rénovation de chaudières ou création de chaufferies pour les bâtiments en projet).

BASE	Energie	U.	QTE	PU.TTC	P1	P2	P3	P4	TOTAL	ttc/mwh
COMMUNE					62 253	2 856	1 188	5 075	71 372	137.3
MAIRIE	Electricité	MWhé	23	216	4 968	0	0	0	4 968	216.0
GYMNASE DE L'ENCLOS / S	Propane	Tonne(s)	9.8	1 500	14 682	804	335	784	16 605	152.3
CINEMA / SDIS	Propane	Tonne(s)	6.3	1 500	9 429	516	213	590	10 748	153.5
PISCINE	Electricité	MWhé	80	216	17 280	840	355	1 867	20 342	101.7
MAISON DES ASSOCIATION	Propane	Tonne(s)	1.0	1 500	1 482	156	61	321	2 020	183.6
ANCIENNE ECOLE DE FILLE	Propane	Tonne(s)	9.6	1 500	14 413	540	223	1 512	16 688	156.0
TERTIAIRE PUBLIC					29 190	2 076	873	2 711	34 850	142.2
COLLEGE LOUIS PASTEUR	Propane	Tonne(s)	18.0	1 500	26 940	1 476	619	1 217	30 252	151.3
MAISON DES SERVICES	Bois déchiq	MAP	58	30	1 750	600	254	1 494	4 097	117.1
BATIMENT PARC DU MOUL	Bois déchiq	MAP	17	30	500	0	0	0	500	50.0
TOTAL (TTC/AN)					91 443	4 932	2 060	7 786	106 221	138.9

Géothermie : investissements et financement

	RC	BETEG	RES GEO
PRODUCTION	397 000	140 000	110 000
Pompes à chaleur	170 000		
Hydraulique	143 000	95 000	70 000
Electricité régulation télégestion	84 000	45 000	40 000
RESEAU ET SOUS-STATIONS	835 000	933 000	753 000
Tranchées	420 000	420 000	360 000
Tuyaux préisolés	312 000	288 000	168 000
Sous-stations	103 000		
Pompes à chaleur		225 000	225 000
LOCAL TECHNIQUE	150 000	115 000	105 000
VRD, aménagements extérieurs	15 000	15 000	15 000
Gros œuvre, maçonnerie	120 000	85 000	75 000
Second œuvre	15 000	15 000	15 000
INGENIERIE, ETUDES, DIVERS	156 000	143 000	130 000
Maîtrise d'œuvre	120 000	110 000	100 000
Divers	36 000	33 000	30 000
TOTAL	1 538 000	1 331 000	1 098 000

k€HT	RC	BETEG	RES GEO
Investissement k€ht	1 538	1 331	1 098
Taux de subventions	30.0%	60.0%	60.0%
Montant des aides k€	461	799	659
Reste à financer k€ht	1 077	532	439
Taux d'intérêt	4.0%	4.0%	4.0%
Durée (années)	25	25	25
Annuité k€ht/an	68.9	34.1	28.1



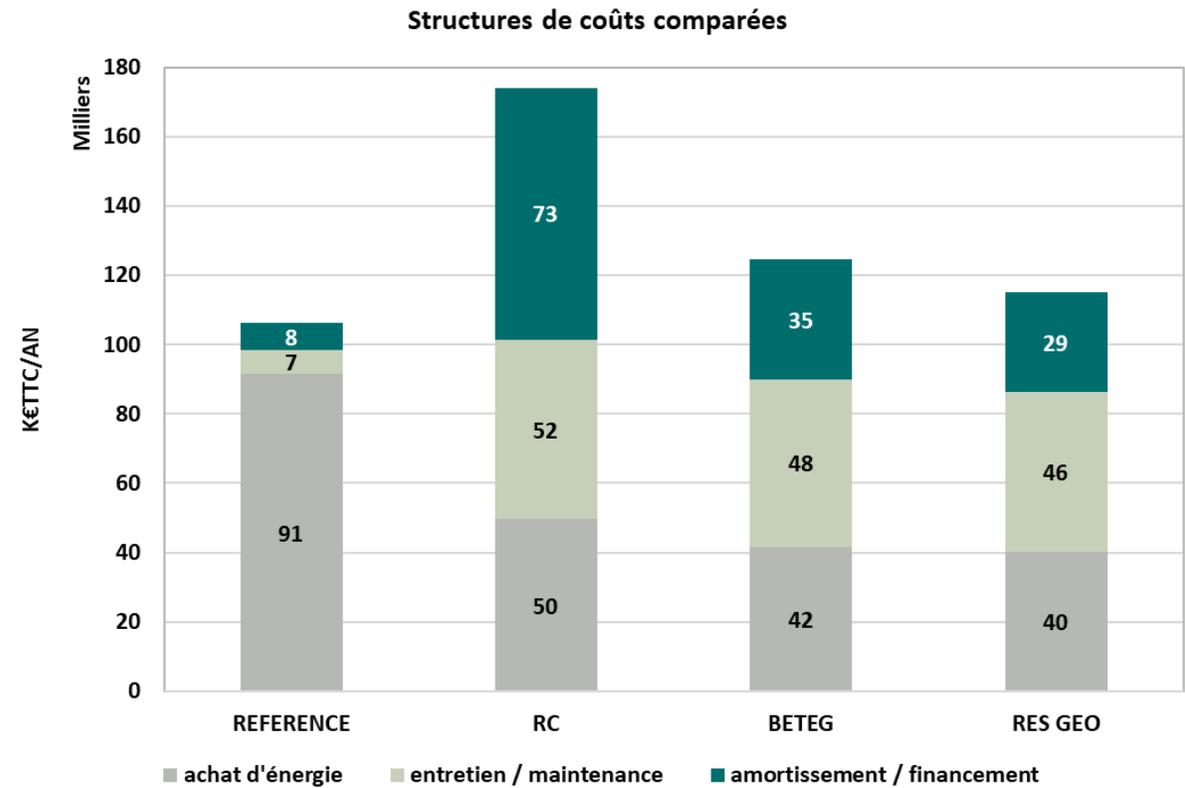
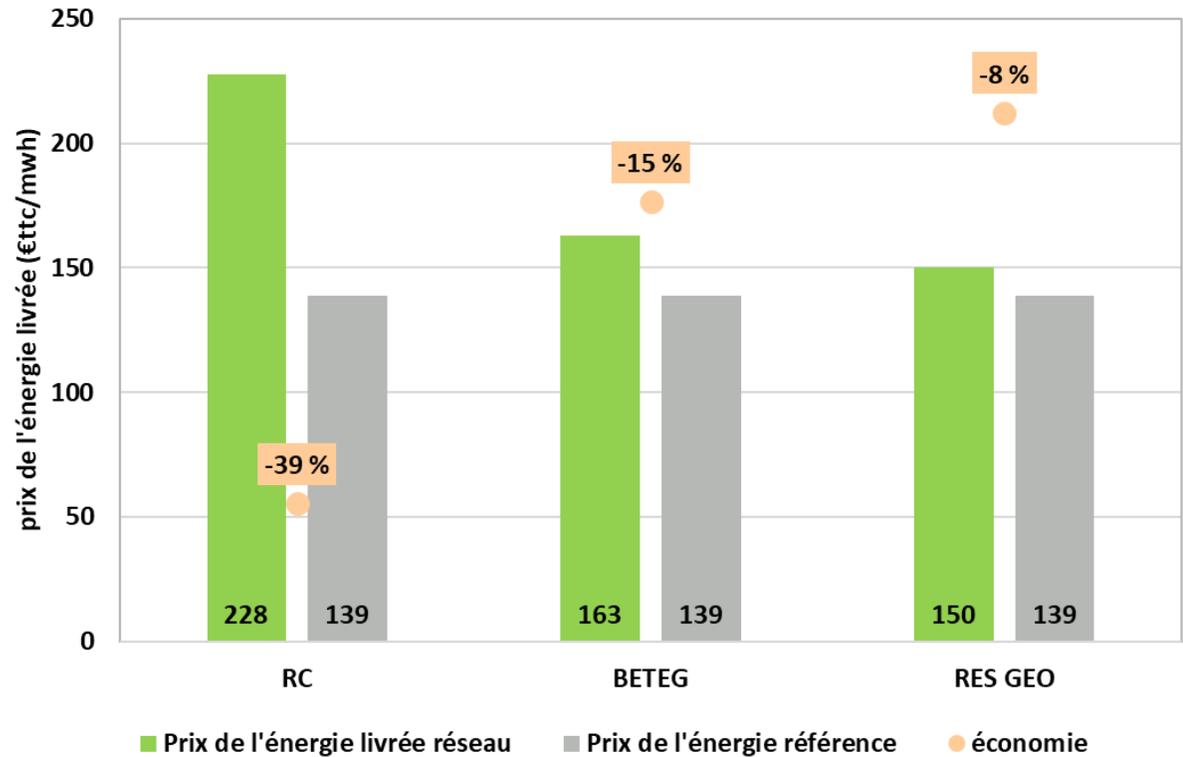
Subventions

- Fonds chaleur + CEE
- Solution réseau de chaleur : taux minoré car densité inférieure à 1,5

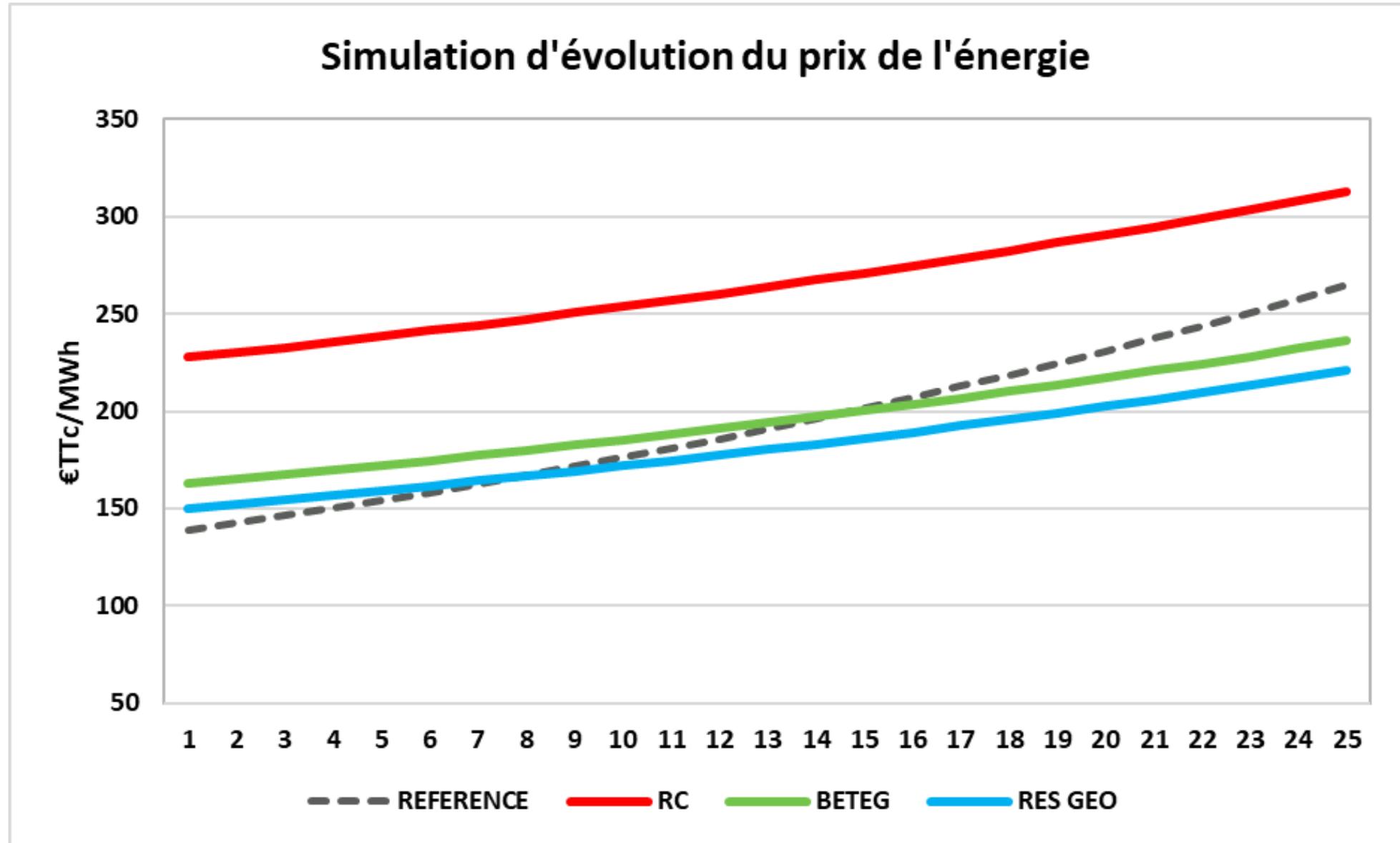
Géothermie : coûts totaux annuels

		RC	BETEG	RES GEO
CHARGES VARIABLES		45 350	36 720	36 720
Qté	Mwhé	239	170	170
Prix unitaire	€HT	190	216	216
CHARGES FIXES		128 726	87 876	78 231
Electricité auxiliaires		4 326	4 920	3 360
Entretien / Maintenance		36 925	37 200	37 200
Gros entretien / Renouvellement		14 770	11 165	9 135
Amortissements / Financement		72 706	34 591	28 536
TOTAL	€TTC/AN	174 076	124 596	114 951

Bilan comparatif



Simulation d'évolution



Conclusion

➤ D'un point de vue technique

- ❖ La ressource géothermique est suffisante pour couvrir les besoins des bâtiments identifiés
- ❖ La solution de boucle d'eau tempérée limite le risque d'encrassement du réseau et des échangeurs décentralisés
- ❖ La solution réseau de chaleur a une densité très faible (0,81 MWh/mètre)

➤ D'un point de vue économique

- ❖ Malgré un taux de subventions de 60% l'alternative géothermie est plus onéreuse que la référence
- ❖ La solution réseau de chaleur n'est pas compétitive
- ❖ Compte tenu du poids plus important des investissements, la géothermie présente une meilleure stabilité sur la durée

Merci de votre attention

Pierre **SCHNEIDER**

pierre.schneider@kairos-ingenierie.com

