A photograph of a modern building with a facade of vertical wooden slats. The building has a gabled roof and a chimney. The lighting suggests it's either early morning or late afternoon. A semi-transparent text box is overlaid on the right side of the image.

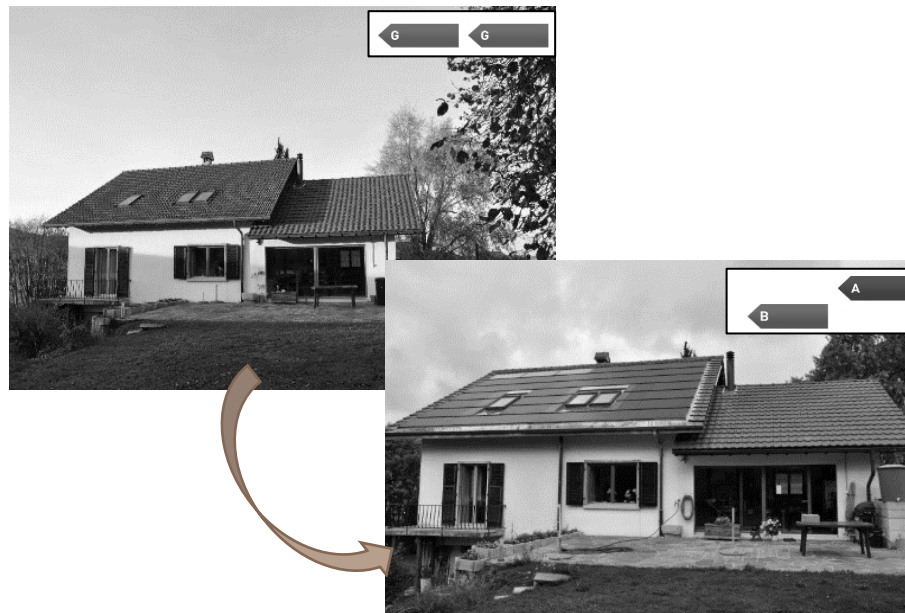
Rénovation énergétique avec PAC pour villas et grands immeubles

Mickael Guichard, expert CECB, Planair SA



Buts de la présentation

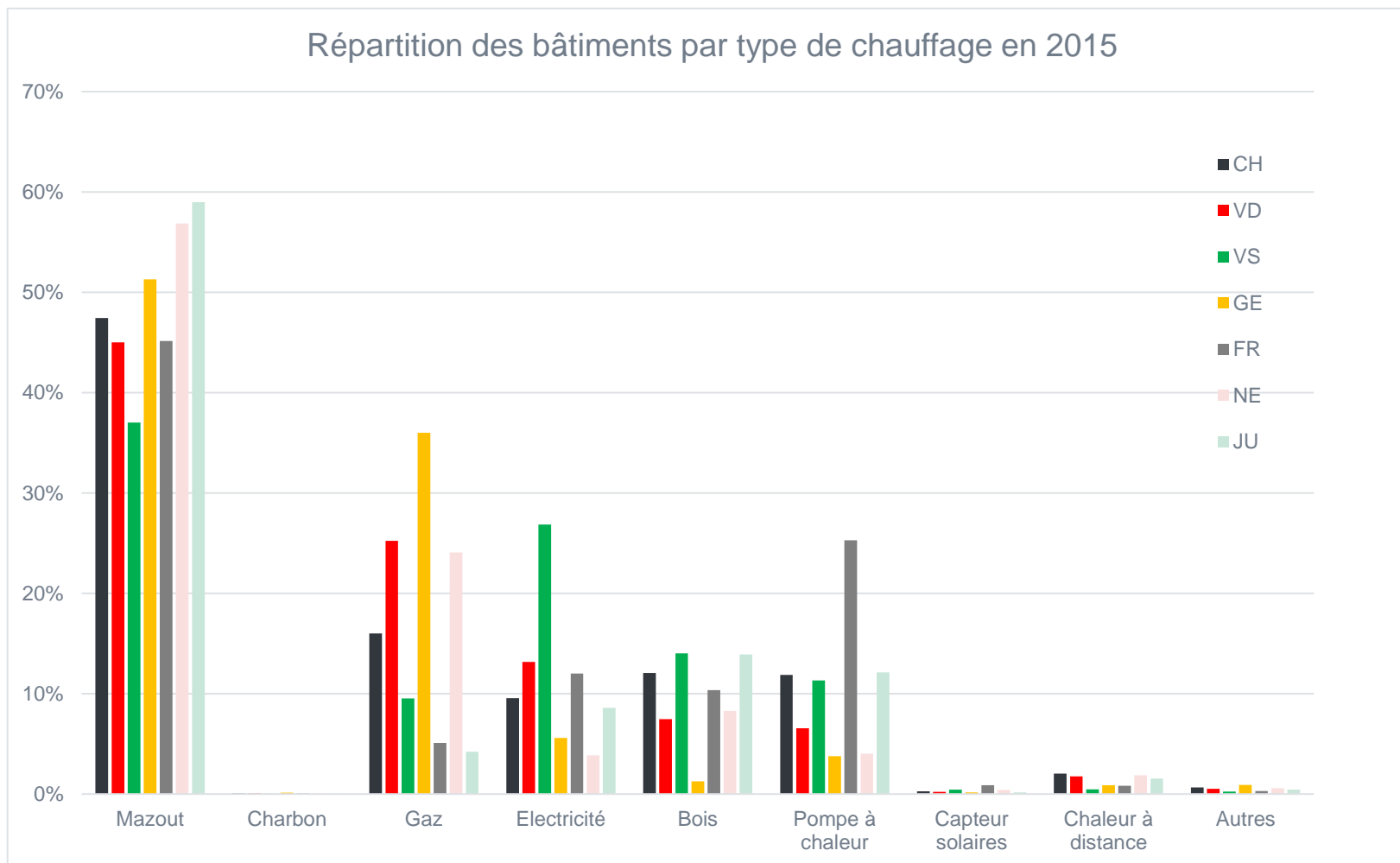
- Présentation générale sur la place des pompes à chaleur dans l'assainissement énergétique des bâtiments
- Quelques notions techniques à connaître
- Présentation de 3 cas concrets (état initial)
- Travail en groupes
- Présentation des résultats des discussions
- Présentation des solutions réellement mises en œuvre
- Discussion finale



La place des pompes à chaleur
dans l'assainissement
énergétique des bâtiments

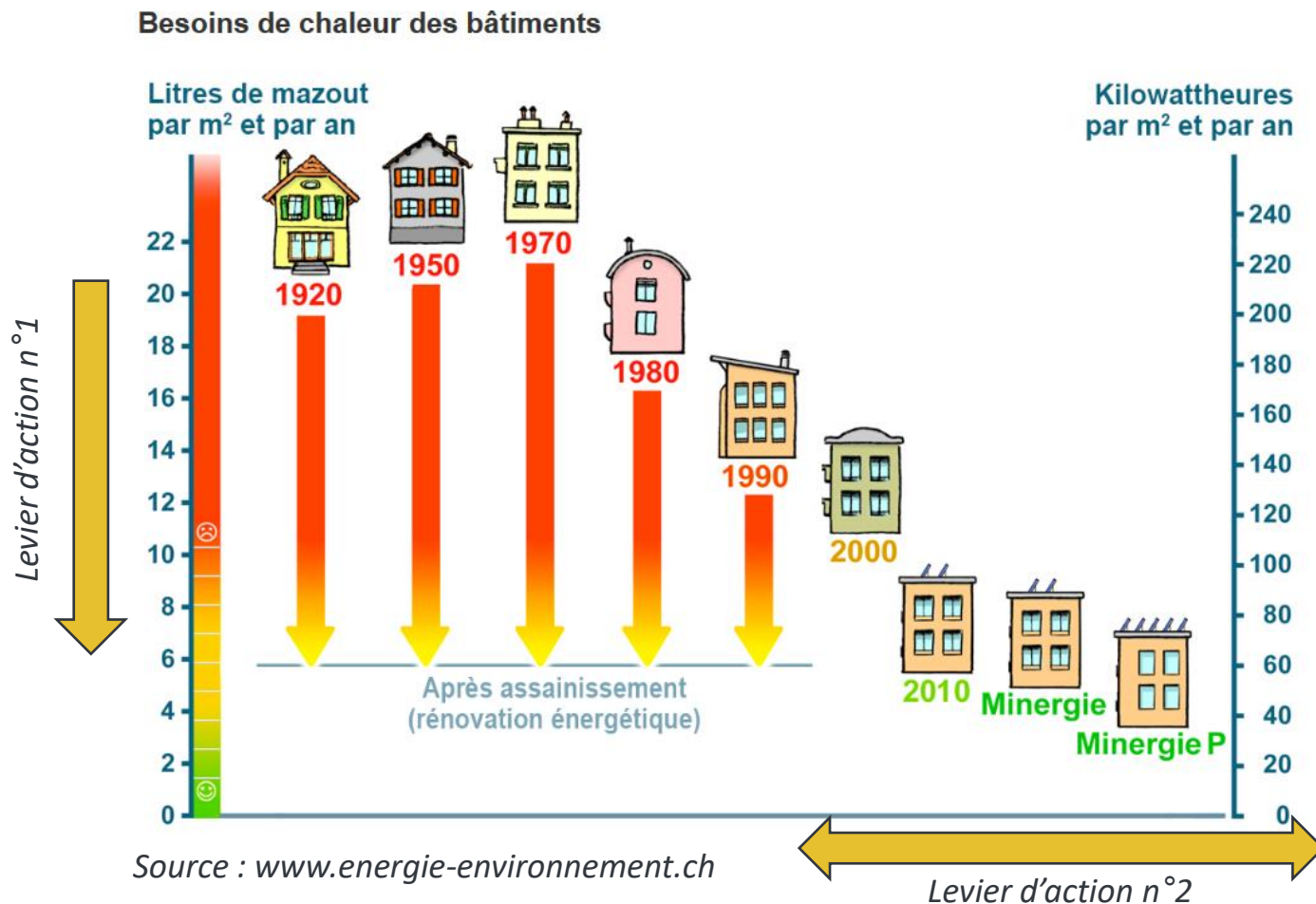


La place des pompes à chaleur dans l'assainissement énergétique des bâtiments



Source : OFS – Bâtiments d'habitation

La place des pompes à chaleur dans l'assainissement énergétique des bâtiments

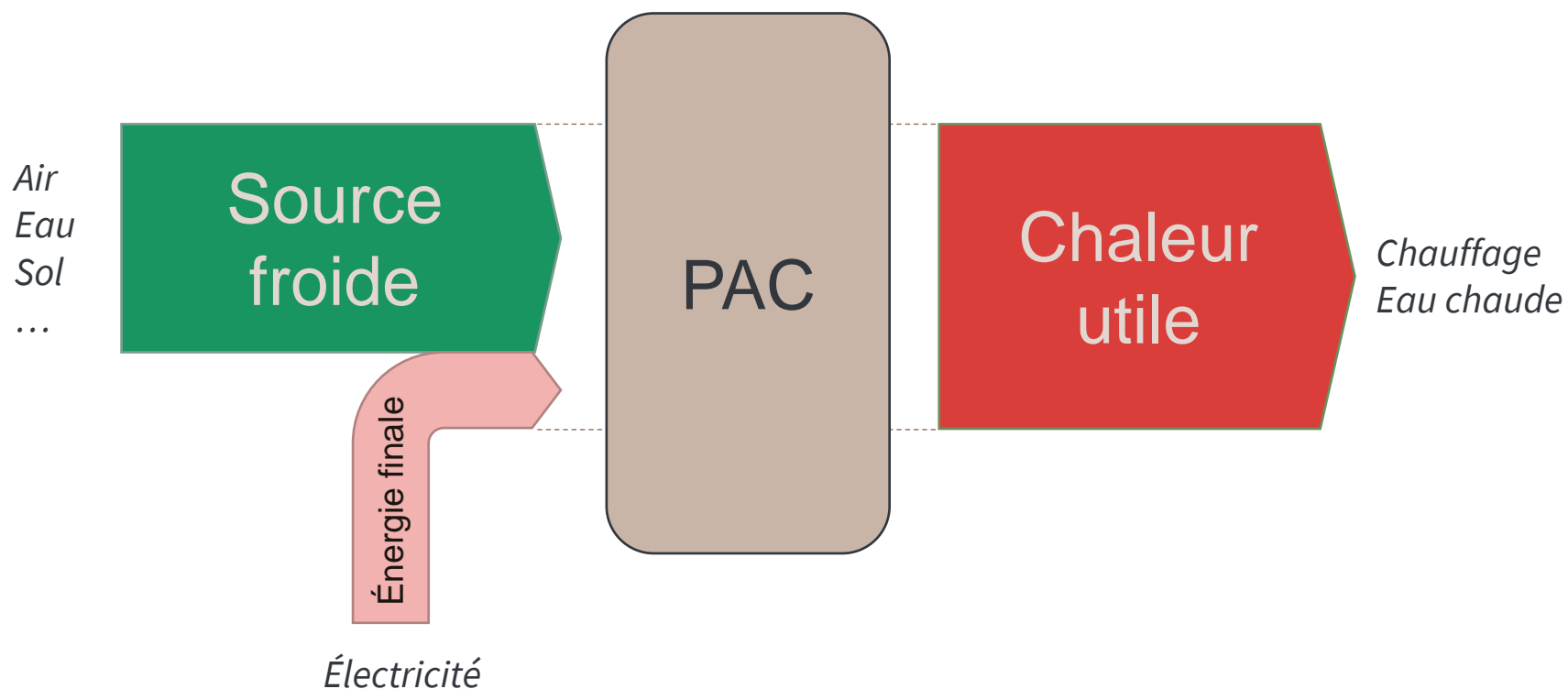




La place des pompes à chaleur dans l'assainissement énergétique des bâtiments

Avantage de la pompe à chaleur dans ce contexte :

- Peu d'énergie finale consommée pour couvrir les besoins



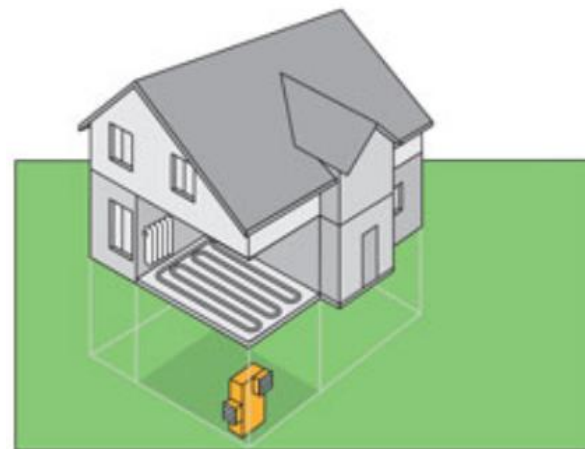


La place des pompes à chaleur dans l'assainissement énergétique des bâtiments

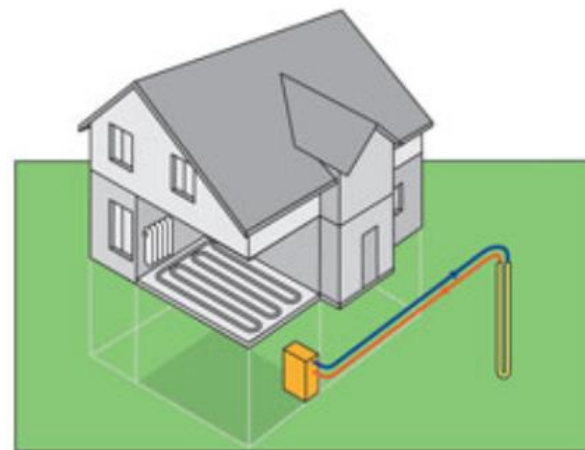
Solutions les plus courantes :

PAC air/eau

- Compacte intérieure
- Compacte extérieure
- Split



PAC sol/eau (géothermie)



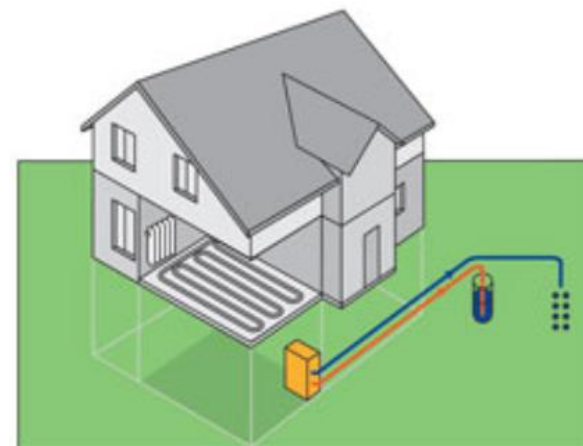


La place des pompes à chaleur dans l'assainissement énergétique des bâtiments

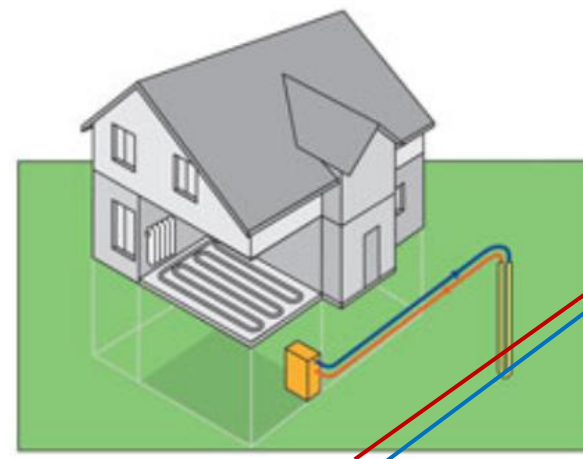
Solutions moins courantes :

PAC eau/eau

- eaux de surface
- eaux souterraines



PAC sur réseau basse enthalpie

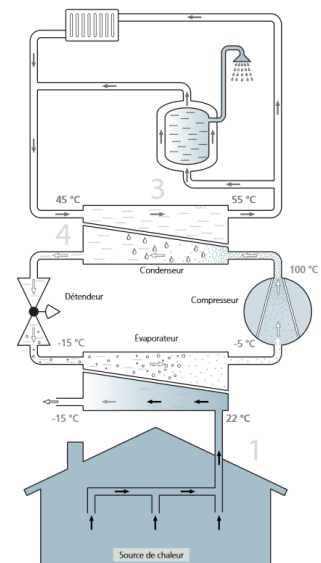




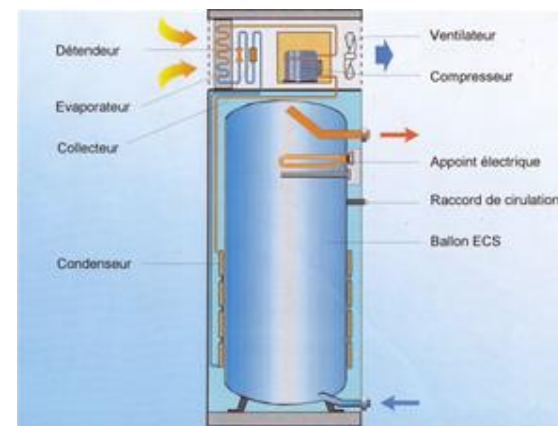
La place des pompes à chaleur dans l'assainissement énergétique des bâtiments

Solutions « partielles » :

- PAC sur air extrait



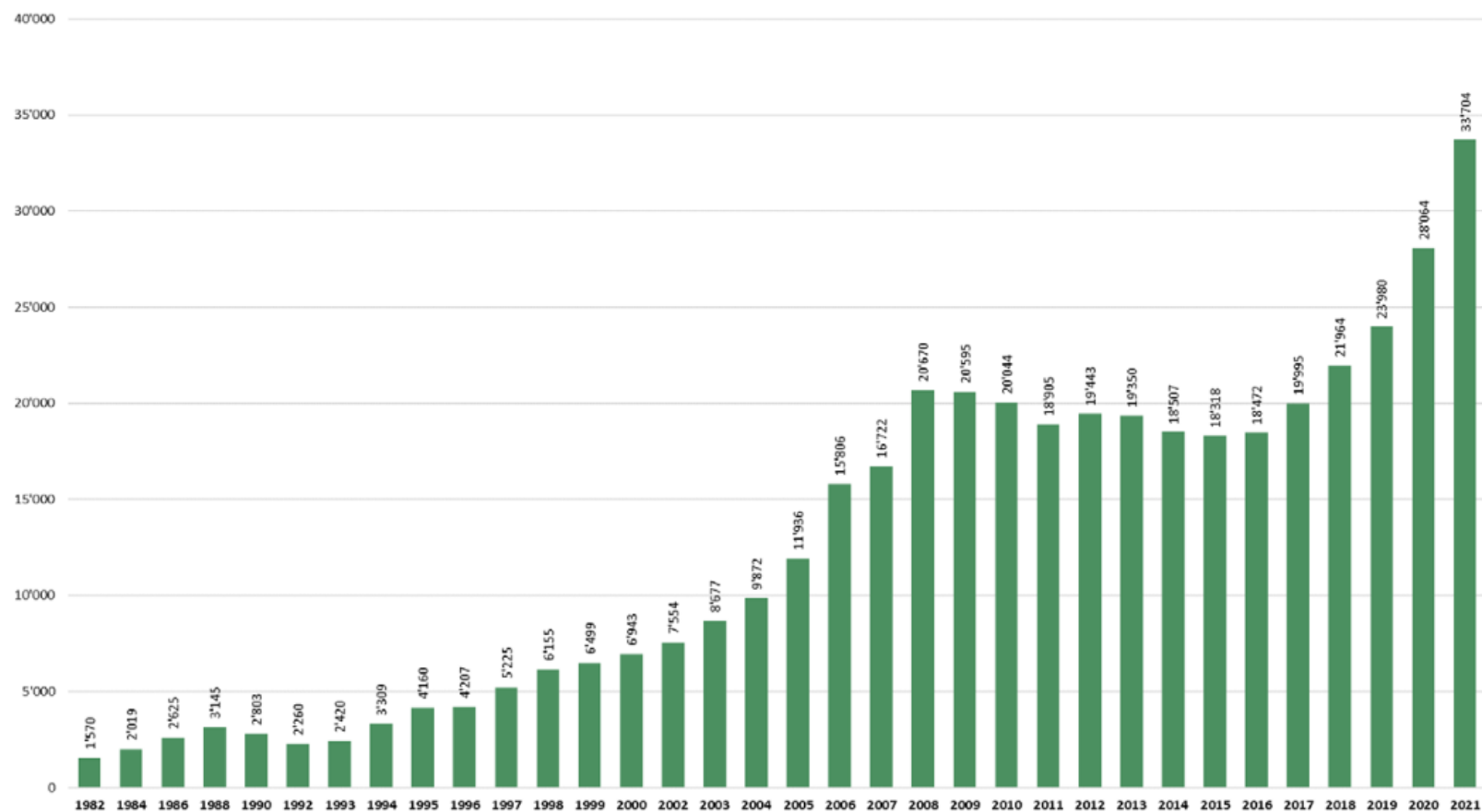
- Boilers thermodynamiques





La place des pompes à chaleur dans l'assainissement énergétique des bâtiments

Évolution du marché des pompes à chaleur (nombre de ventes) :

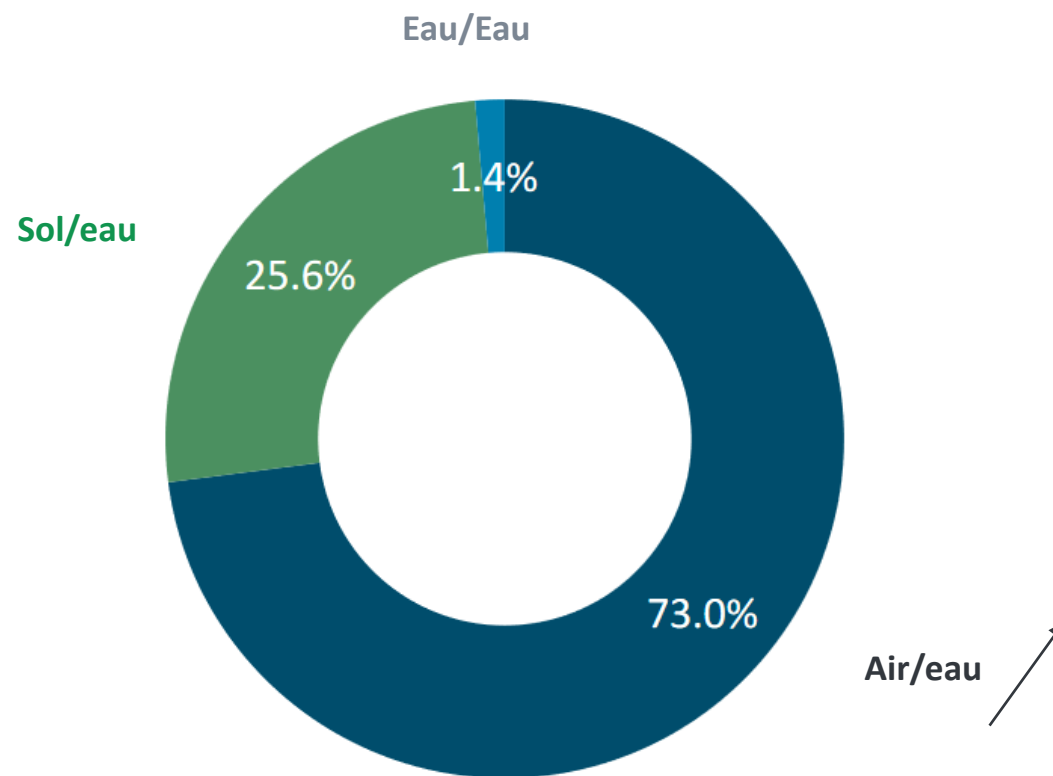


Source : www.fws.ch



La place des pompes à chaleur dans l'assainissement énergétique des bâtiments

Part de pompes chaleur vendues par type :

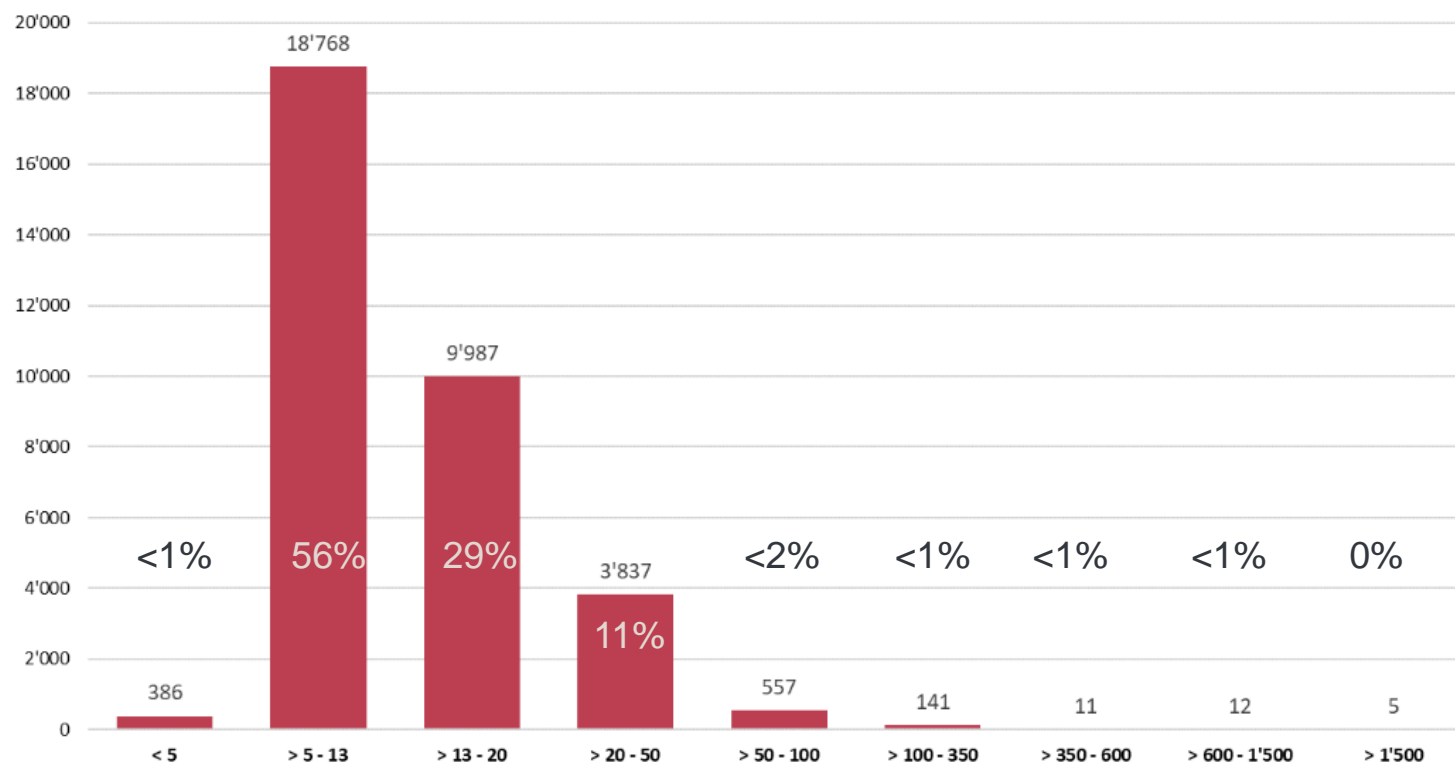


Source : www.fws.ch



La place des pompes à chaleur dans l'assainissement énergétique des bâtiments

Nombre de ventes par puissances :



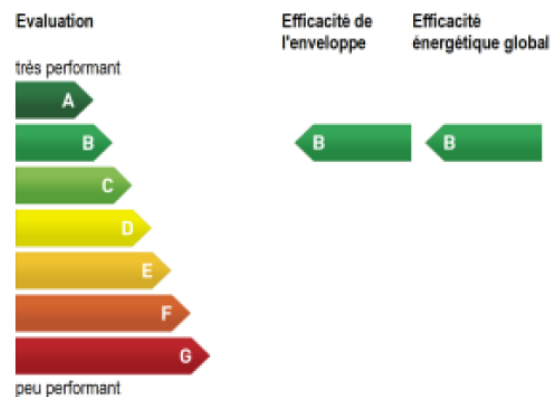
Source : www.fws.ch



La place des pompes à chaleur dans l'assainissement énergétique des bâtiments

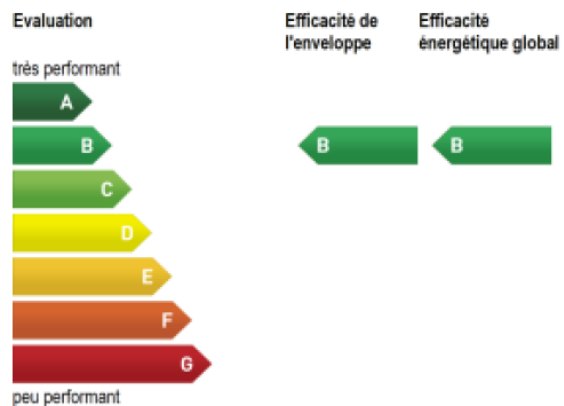
Dans le CECB[®]plus :

Variante PAC :



	Standard	Actuel
Données (Valeurs calculées, basées sur Q,eff)		
Efficacité de l'enveloppe du bâtiment:	38	38 kWh/(m ² a)
Efficacité énergétique globale:	81	64 kWh/(m ² a)
Énergie livrée nette annuelle (Valeurs calculées, basées sur Q,eff)		
Électricité:	6'496	6'496 kWh/a
Chauffage:	4'979	4'979 kWh/a
Eau chaude:	2'636	2'636 kWh/a
Gain PV:	-2'600	-5'000 kWh/a
Gain CCF	0	0 kWh/a
Equivalent-CO2	7	5 kg/(m ² a)

Variante pellets :

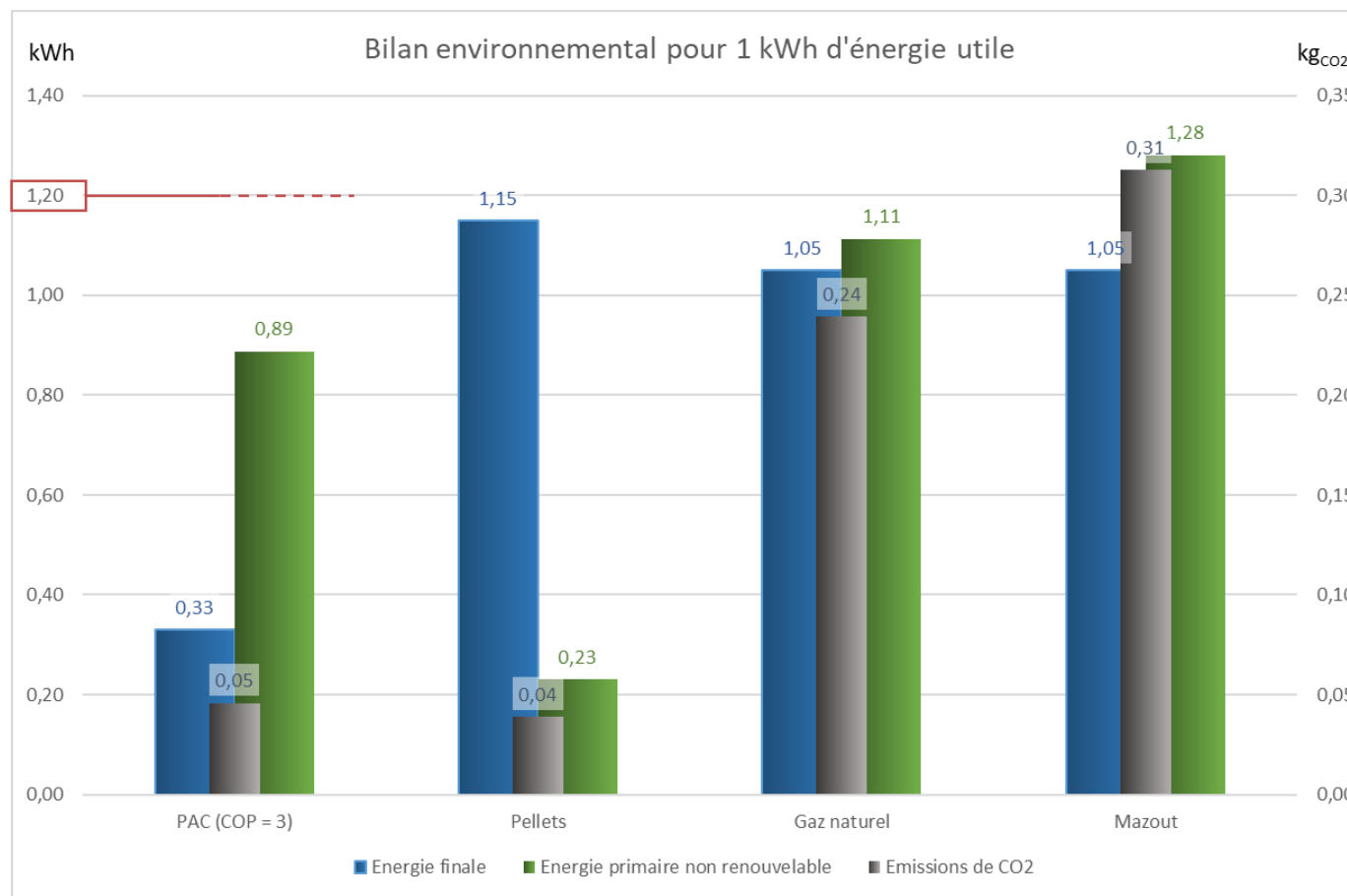


	Standard	Actuel
Données (Valeurs calculées, basées sur Q,eff)		
Efficacité de l'enveloppe du bâtiment:	38	38 kWh/(m ² a)
Efficacité énergétique globale:	62	45 kWh/(m ² a)
Énergie livrée nette annuelle (Valeurs calculées, basées sur Q,eff)		
Électricité:	7'009	7'009 kWh/a
Chauffage:	13'684	13'684 kWh/a
Eau chaude:	3'842	3'842 kWh/a
Gain PV:	-2'600	-5'000 kWh/a
Gain CCF	0	0 kWh/a
Equivalent-CO2	5	3 kg/(m ² a)



La place des pompes à chaleur dans l'assainissement énergétique des bâtiments

Comparaison avec les autres vecteurs énergétiques :





La place des pompes à chaleur dans l'assainissement énergétique des bâtiments

Avantages de la pompe à chaleur en rénovation :

- technologie éprouvée
- forte réduction de la consommation d'énergie finale ($E_{f,hww}$)
- forte réduction des émissions de gaz à effet de serre (sous réserve d'étanchéité du circuit)
- maintenance annuelle simple
- synergies possibles avec le photovoltaïque

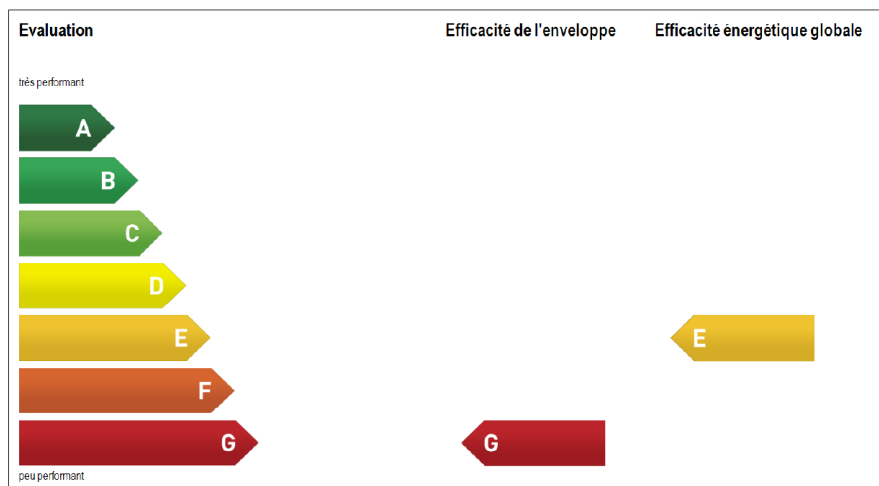
Difficultés rencontrées en rénovation :

- accès aux sources froides
- hauts niveaux de température
- stockage
- grandes puissances
- altitude/humidité (dégivrage)
- acoustique
- renouvellement d'air en chaufferie (sécurité gaz)



La place des pompes à chaleur dans l'assainissement énergétique des bâtiments

Cas particulier des grandes puissances (exemple) :



Données (valeurs calculées, Qh,eff)	
Efficacité de l'enveloppe:	142 kWh/(m ² a)
Efficacité énergétique globale:	252 kWh/(m ² a)
Equivalent-CO2:	58 kg/(m ² a)

Besoin énergétique (Consommation moyenne mesurée)	
Energie auxiliaire et ménagère:	19'020 kWh/a
Chauffage:	151'610 kWh/a
Eau chaude:	17'450 kWh/a

Généralités	
Surface de référence énergétique [m ²]	1'047
Nombre d'appartements [-]	6
Nbre moyen de pièces [-]	≤ 4.5
Etages entiers [-]	3
Coefficient d'enveloppe [-]	1.22

Puissance :
- actuelle 80kW
- 60kW après travaux





La place des pompes à chaleur dans l'assainissement énergétique des bâtiments

Cas particulier des grandes puissances (exemple) :

Estimation investissements selon les variantes

	Variante 1 Chaudière pellet seule	Variante 2 Chaudière pellet + solaire Th	Variante 3 Chaudière gaz + PAC air/eau	Variante 4 PAC air/eau
1,1 Démontage	10 000	10 000	10 000	10 000
1,2 Production de chaleur	45 000	45 000	75 000	152 500
1,3 Solaire thermique	0	25 000	0	0
1,4 Accumulateur ECS	20 000	20 000	20 000	0
1,5 Maçonnerie / Silo	15 000	15 000	5 000	0
1,6 Divers raccords, mise en place	15 000	15 000	15 000	15 000
Total HT	105 000	130 000	125 000	177 500
TVA 7.7%	8 085	10 010	9 625	13 668
Total TTC	113 085	140 010	134 625	191 168



La place des pompes à chaleur dans l'assainissement énergétique des bâtiments

Cas particulier des grandes puissances (exemple) :

Coûts d'exploitation annuels				
	Variante 1 Chaudière pellet seule	Variante 2 Chaudière pellet + solaire Th	Variante 3 Chaudière gaz + PAC air/eau	Variante 4 PAC air/eau
Besoin de chaleur annuel [kWh]	219 055	214 184	117 824	117 824
COP PAC ou rendement chaudière	85%	85%	95% et COP 2,4	COP 2,4
Conso (kWh élect. ou tonne pellet)	38,5 tonnes	37,6 tonnes	6'300 m³ gaz + 47'000 kWh	74'000 kWh
(I) Coût énergétique annuel				
gaz (0,095.-/kWh)			6770	
electricité (0.22.-/kWh)			10 427	16358
pellet (380.-/tonne)	17 806	17 410		
(II) Coûts d'entretien				
Maintenance et entretien	1 300	1 500	1 000	1 000
Fourniture petit matériel	65	80	80	80
(I) + (II) Total coût énergétique annuel	19 171	18 990	18 276	17 438
(III) Annuité d'emprunts, intérêt 2%, amortissement sur 20 ans	7 448	9 222	8 867	12 591
TOTAL GENERAL (I) + (II) + (III), CHF/an	26 619	28 211	27 144	30 029



La place des pompes à chaleur dans l'assainissement énergétique des bâtiments

Cas particulier des grandes puissances (exemple) :

Ils nous ont fait confiance Chaleur renouvelable Bâtiment



Route de St. Julien

- ❑ **Le projet**
 - Besoin de rénover la chaufferie
- ❑ **La proposition de SIG**
 - Vente de chaleur en contracting grâce à la solution « Chaleur renouvelable Bâtiment » intégrant :
 - ⊗ Installation de 2 PAC pour une puissance de 250 kW
- ❑ **Ce qui a intéressé le client**
 - Volonté de pérenniser son parc avec une solution de chaleur renouvelable tout en participant à un projet innovant
 - Tester la solution 100% renouvelable sur un bâtiment peu isolé
 - Être en conformité avec les contraintes réglementaires
- ❑ **Chiffres clés :**
 - Ancienne installation Mazout : 640 kW – 100% énergie fossile
 - Nouvelle installation : 100% renouvelable avec les PAC
 - Baisse de l'IDC estimée : ~20% (589 MJ/m².an vs 460MJ/m².an)
 - Bilan émissions de CO₂/an : Actuelle 1.87tCO₂/an vs ancien 192tCO₂/an

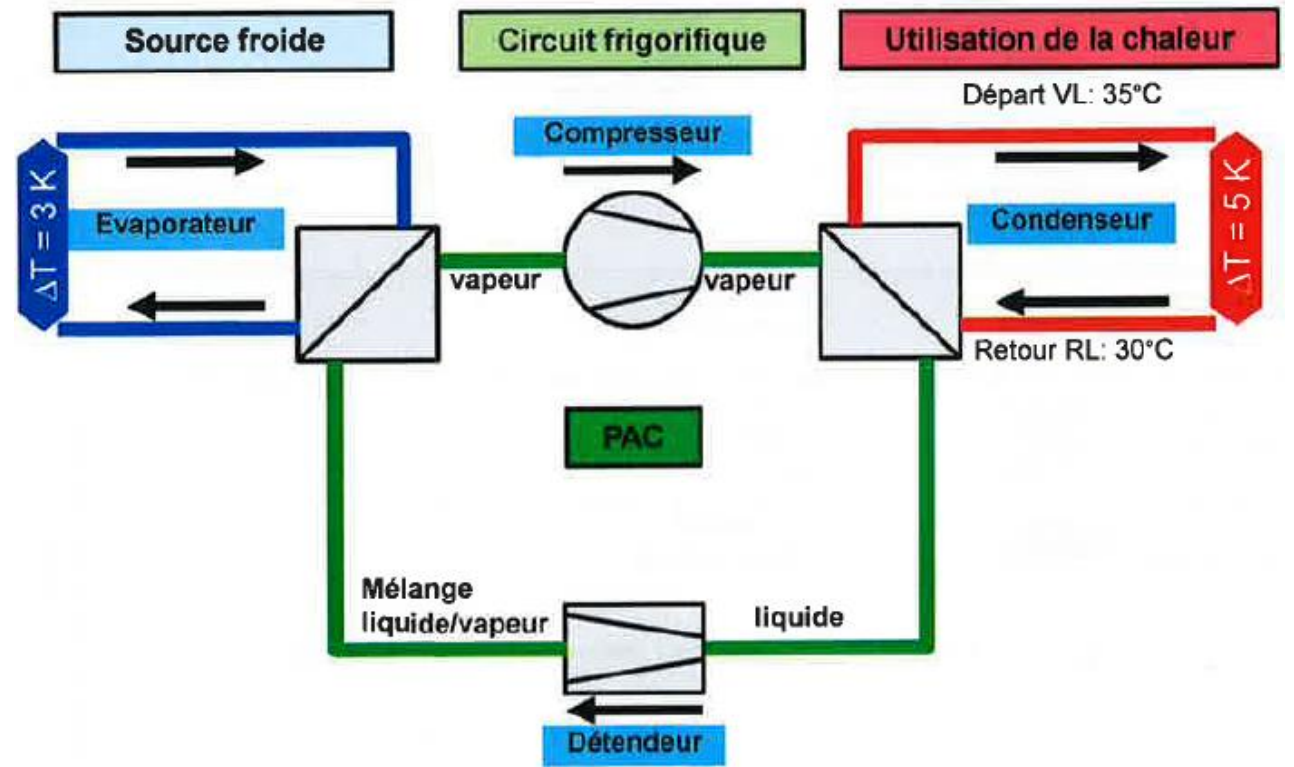


Installations PAC – Rte de St. Julien



Quelques notions

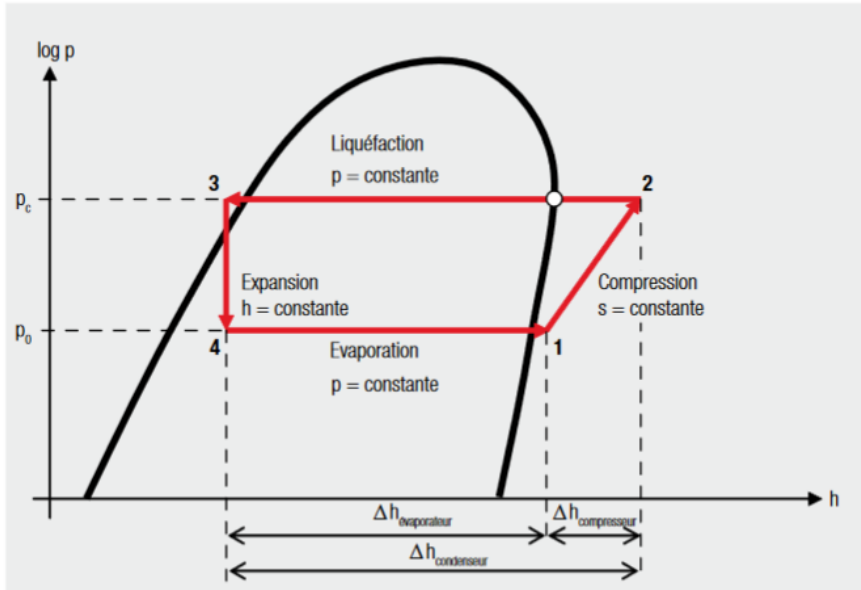
Les principaux composants :



Mnémotechnique :

Évaporateur
Extérieur

Condenseur
Chaufferie





Quelques notions

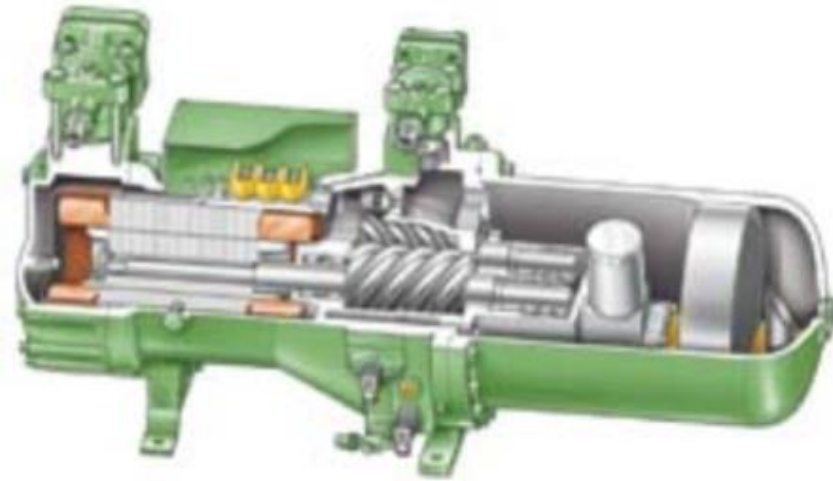
Les principaux types de compresseurs :

Spiral/Scroll/Palette



Compact

Vis



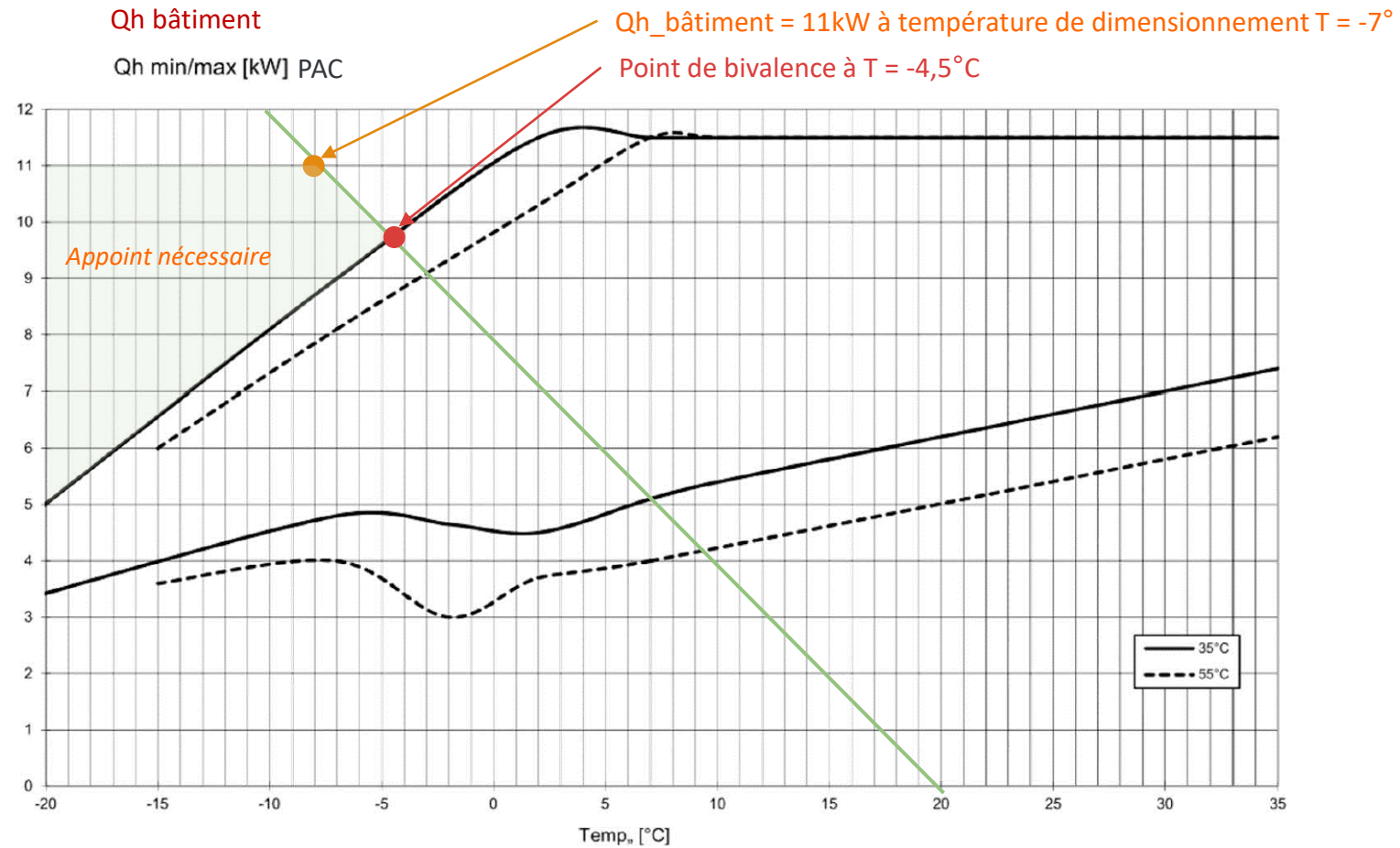
Puissances élevées

Source : GSP



Quelques notions

Point de bivalence :



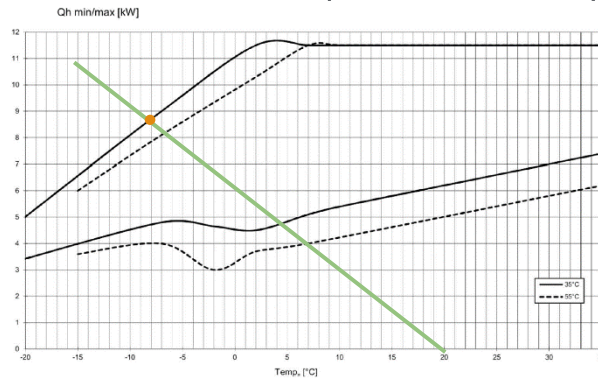
Exemple pour Alpha Innotec LWCV 122R3



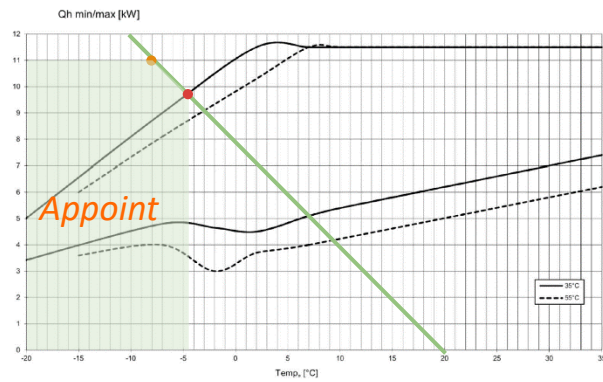
Quelques notions

Modes de fonctionnement :

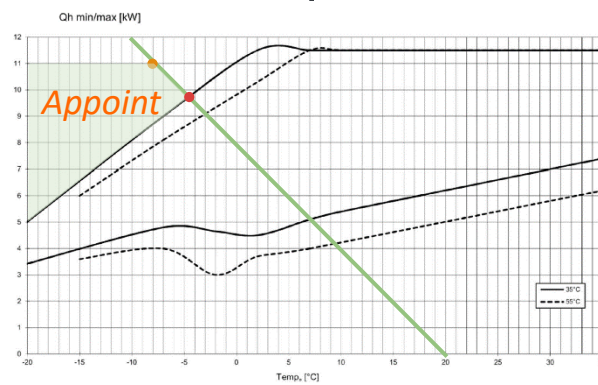
Monovalent (100% PAC)



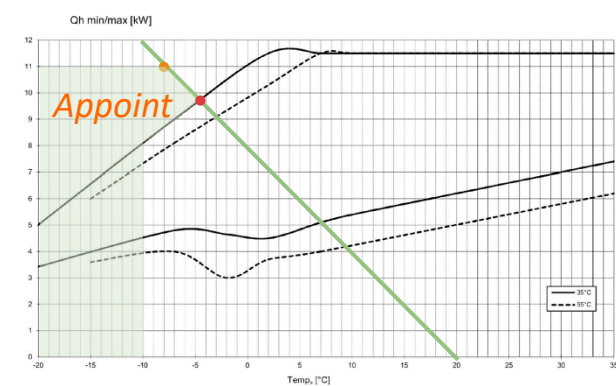
Bivalent alternatif



Bivalent parallèle



Bivalent alternatif-parallèle



Exemple pour Alpha Innotec LWCV 122R3



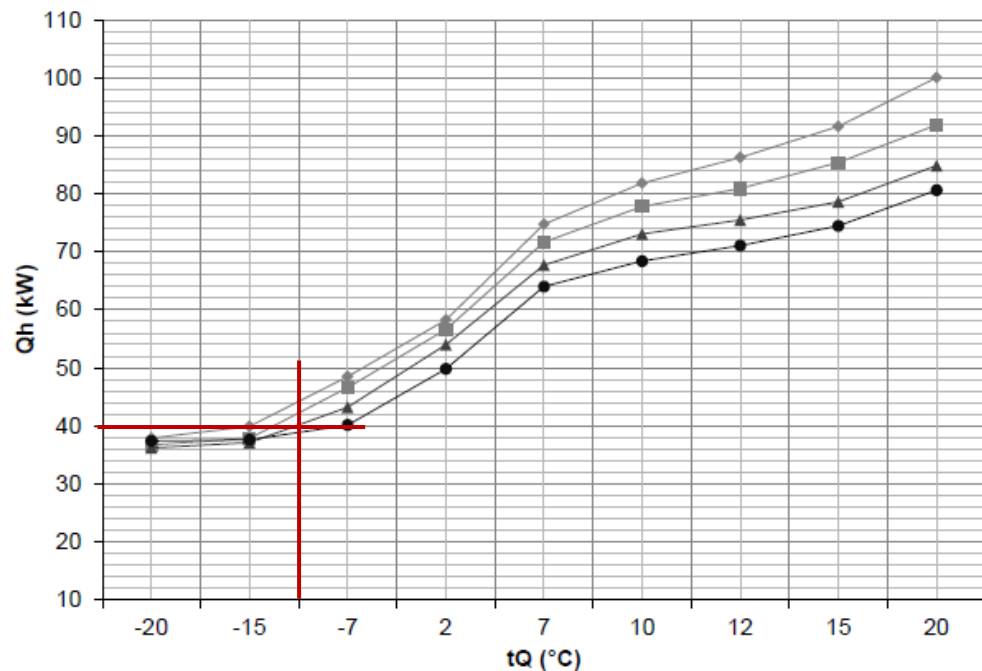
Quelques notions

Exemple de l'immeuble à la Chaux-de-Fonds (besoins 60kW chauffage) :

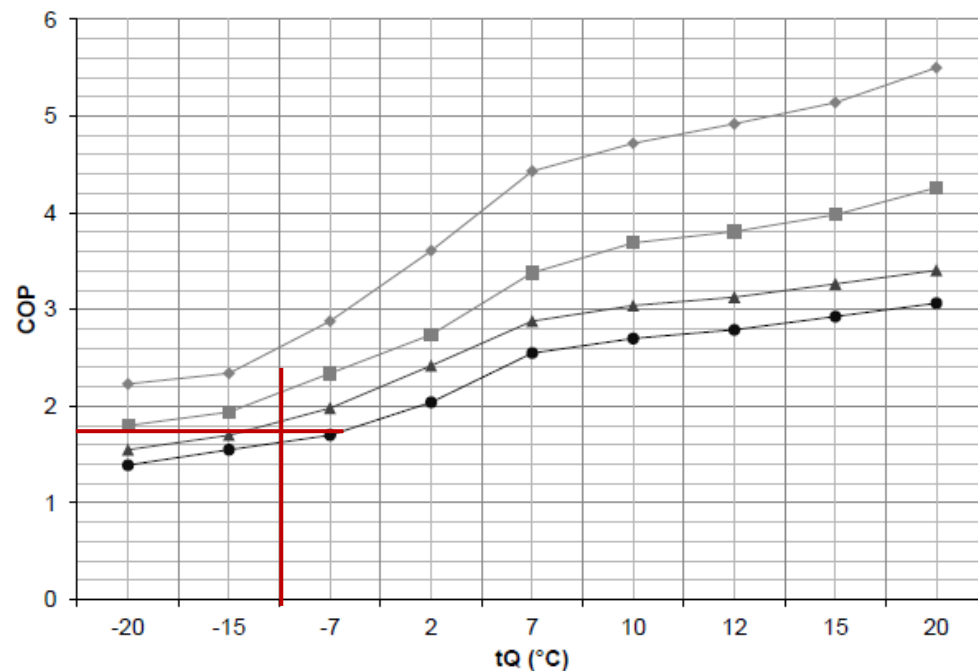
Hoval Belaria® dual AR (60)

Volllast (2-stufig)

Heizleistung



Leistungszahl



- 35 °C
- 45 °C
- 55 °C
- 62 °C

=> 2 PACs pour couvrir les besoins en chauffage et eau chaude



Quelques notions

COP/COPa/SCOP:

- **COP** : rapport électricité consommée/chaleur fournie pour un écart et un niveau de températures donnés
- **COPa** : performance spécifique sur l'ensemble de l'année
- **SCOP** : performance standard sur une saison

Nom de l'appareil		LWCV 82R1/3			
Type de pompe à chaleur	Air/Eau interieur				
Conformité	CE				
Caractéristiques de performance	Puissance calorifique / COP pour				
	A7/W35	Point normalisé selon EN14511	Fonc. à pleine charge	kW ...	7,0 --
	A2/W35	Point service selon EN14511	Fonc. à pleine charge	kW ...	7,0 --
	A-7/W35	Point service selon EN14511	Fonc. à pleine charge	kW ...	6,0 3,0
	A-7/W55	Point service selon EN14511	Fonc. à pleine charge	kW ...	5,4 2,0
Caractéristiques de performance	Puissance de refroidissement / EER				
	A35/W18	Point normalisé selon EN14511	Fonc. à pleine charge	kW ...	6,0 --
	A35/W7	Point service selon EN14511	Fonc. à pleine charge	kW ...	pas possible
Caractéristiques de performance SCOP	Pdesign/SCOP				
	SCOP 35	Selon norme EN14825	Climat moyen (Europe)	kW ...	6,24 3,93
	SCOP 55	Selon norme EN14825	Climat moyen (Europe)	kW ...	5,65 2,97
Limites d'utilisation	Circuit de chauffage chez A-7°C				
	Source de chaleur			°C	20' – 58°
	Points supplémentaires de fonctionnement			°C	-22 – 35



Quelques notions

Acoustique - formulaire PAC du Cercle Bruit (<https://www.fws.ch/fr/nos-services/cercle-bruit/>) :

Données sur la pompe à chaleur air/eau (données techniques + plan de situation avec l'installation) <small>selon les normes EN 255 resp. EN 14511 (voir www.wpz.ch)</small>		Données constructeur	
Fabricant		Puissance acoustique L_{WA}	54 dBA
Modèle / Type		Niveau sonore L_pA	dBA
Puissance	12 kW	à (distance) s_1	m
Situation <input type="checkbox"/> à l'intérieur <input type="checkbox"/> à l'extérieur <input type="checkbox"/> système split			
Puissance acoustique à l'extérieur L_{WA} (données constructeur / Wärmepumpen-Testzentrum www.wpz.ch)		54 dBA	
Distance (s) Source - Récepteur (immeuble voisin ; maison plurifamiliale : sur l'immeuble même ; parcelle non construite : sur l'alignement)		6,5 m	
Valeurs de planification (annexe 6 OPB) <input checked="" type="radio"/> Degré de sensibilité DS II (habitation) <input type="radio"/> DS III (mixte)		45 dBA	
Calcul du niveau d'évaluation L_r au récepteur			
Facteurs de correction			
Directivité de		<input type="radio"/> PAC intérieure, ouvertures à la façade (+ 6 dB)	
la source D_c		<input type="radio"/> PAC intérieure, ouvertures près d'un angle rentrant de façade (+ 9 dB)	
		<input checked="" type="radio"/> PAC extérieure proche de la façade (+ 6 dB)	
Niveau d'évaluation L_r		44,7 dBA	
La valeur de planification de		45	dBA est respectée.

Nom de l'appareil		LWC 100	
Type de pompe à chaleur	Air/Eau intérieur		
Acoustique	Niveau de puissance acoustique selon ERP (EN12102) (entrée dans cercle bruit suisse)	dB(A)	54
	Niveau de puissance acoustique max. en service de jour	dB(A)	54
	Niveau de puissance acoustique max. en service reduction de nuit	dB(A)	54



Quelques notions

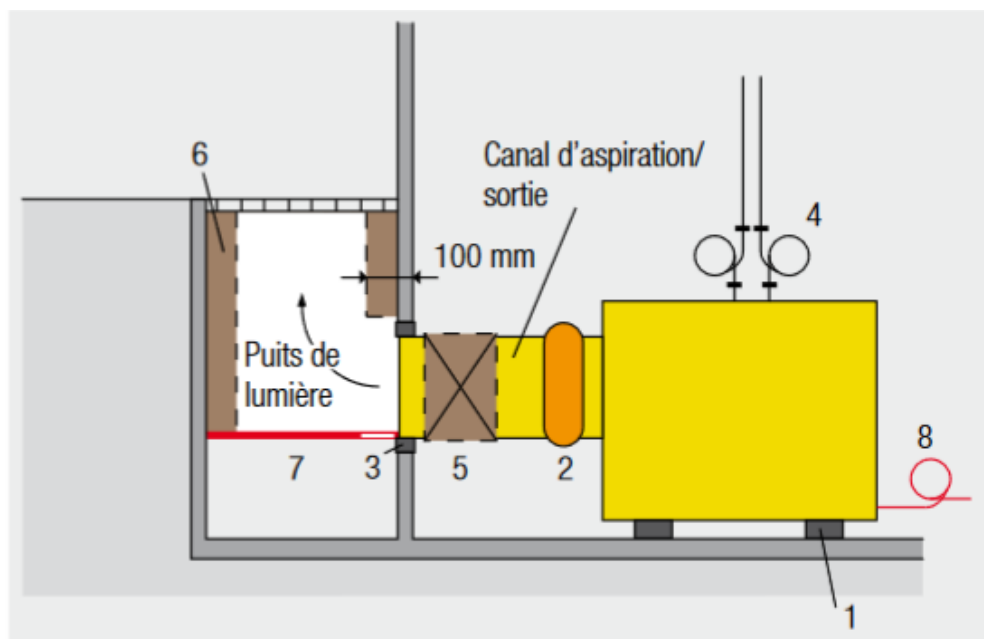
Acoustique - Principes :

- Déterminer le degré de sensibilité au bruit de la parcelle
- Déterminer la distance à la façade la plus exposée/parcelle vide



Source : SITN

Acoustique - Mesures de réduction du bruit intérieur :



Source : GSP

- 1: Séparation des bruits solidiens entre la pompe à chaleur et le sol de la cave
- 2: Séparation des bruits solidiens entre la pompe à chaleur et le canal (le soufflet ne doit pas être tendu)
- 3: Séparation des bruits solidiens entre le canal d'air et le bâtiment
- 4: Séparation des bruits solidiens entre la pompe à chaleur et les conduites de chauffage
- 5: Amortisseur de bruit à absorption dans les canaux d'air lors d'exigences plus élevées
- 6: Chicane avec chemisage absorbant
- 7: Amortisseur de bruit pour les basses fréquences lors d'exigences plus élevées (amortisseur de bruit à résonance)
- 8: Séparation des bruits solidiens entre la pompe à chaleur et les raccords électriques

Source: «Isolation acoustique lors de l'installation de pompes à chaleur», éditeur GSP



Quelques notions

Points d'attention

- Source froide : disponibilité, températures, capacités
- Besoins thermiques : températures, puissances (chauffage et ECS)
- Capacités de stockage : place disponible pour les stocks hydrauliques, chauffage de sol
- Emplacement des appareils : acoustique, esthétique
- Synergie avec les autres composants (photovoltaïque, thermique, ventilation, ...)
- Monitoring énergétique



Quelques notions

Points d'attention dans le CECB[®]plus

PC-4	Pompe à chaleur, air-eau	2019	2.30	2.30	Ch+ECS (toute l'année)	36'000	1
Abrév.	PC-4	Année de construction	2019				
Type	Pompe à chaleur, air-eau	Taux d'utilisation chauffage	2.3	<i>PACesti ?</i>			
Agent énergétique	Électricité (TB / heures creuses)	Taux d'utilisation ECS	2.3				
Dénomination	PAC air/eau	Surdimensionnement	1				
Accumulateur	Accumulateur combiné	Volume accumulateur	800	litres			
Distribution	Ch+ECS (toute l'année)	Production d'électricité couplage chaleur-force	0	kWh/a			
Emplacement	Hors enveloppe du bâtiment	Nombre (0=effacer)	1	—			
Type de modernisation	Remplacement/nouvelle construction	Investissement	36000	CHF			
Base de calculs	Forfait	Coûts d'entretien	0.5	%a			
Durée d'utilisation	25 ans	Facteur de difficulté	1	— fx			
Description du programme		Montant subventionné		CHF			



Quelques notions

Intégration du PACesti

Données concernant le bâtiment			
Station climatique:			Neuchâtel
Catégorie d'ouvrage			Habitat individuel
Surface de référence énergétique SRE	A_E	m^2	285
Besoins de chaleur pour le chauffage selon SIA 380/1	$Q_{h,eff}$	MJ/m2a	138
Déperditions par transmission selon SIA 380/1	Q_T	MJ/m2a	190
Déperditions par renouvellement d'air selon SIA 380/1	Q_V	MJ/m2a	68
Chauffage: pertes supplémentaires de distribution de chaleur		%	3%
Durée de coupure d'alimentation de la PAC		h/d	2
Puissance de chauffage nécessaire sans ECS à -5°C	valeur proposée: 6,2	kW	
Besoins de chaleur pour l'ECS selon SIA 380/1	Q_{ww}	MJ/m2a	60,0
Eau chaude sanitaire: pertes supplémentaires d'accumulation et de distribution		%	20%

▼ Résultats

Résultats intermédiaires

Résultats

Calculateur SIA

Besoin en chaleur pour le chauffage

		État initial	Variante A	Variante B	Variante C
Besoin en chaleur de chauffage ^(P) , effective	$Q_{h,eff}$	428.0	203.6	138.3	138.3 MJ/(m ² a)
Total des pertes de chaleur par transmission	Q_T	495.8	262.0	190.0	190.0 MJ/(m ² a)
Pertes de chaleur par ventilation ^(P)	Q_V	68.1	68.1	68.1	68.1 MJ/(m ² a)



Quelques notions

Intégration du PACesti

Report dans CECBplus :

Résultats			
Part d'énergie électrique pour le chauffage	$\epsilon =$	kWh =	0
Part d'énergie électrique pour l'ECS	$\epsilon =$	1,6%	kWh = 79
Pertes en mode chauffage (démarrage, accumulateur, etc.)		5%	Etah = 95%
Pertes en mode préparation d'ECS (démarrage, accumulateur, etc.)		6%	Etaw = 94%
Durée de fonctionnement de la pompe à chaleur		h / a	2 665
Part et COP annuel de la pompe à chaleur pour le chauffage	$\epsilon =$	100,0%	JAZ _h = 3,67
Part et COP annuel de la pompe à chaleur pour l'ECS	$\epsilon =$	98,4%	JAZ _{ww} = 2,88
COP annuel pour chauffage et ECS (COPa [ch+ECS])	y compris el. add.	-	3,36

Prestation de conseils – détection d'anomalies :

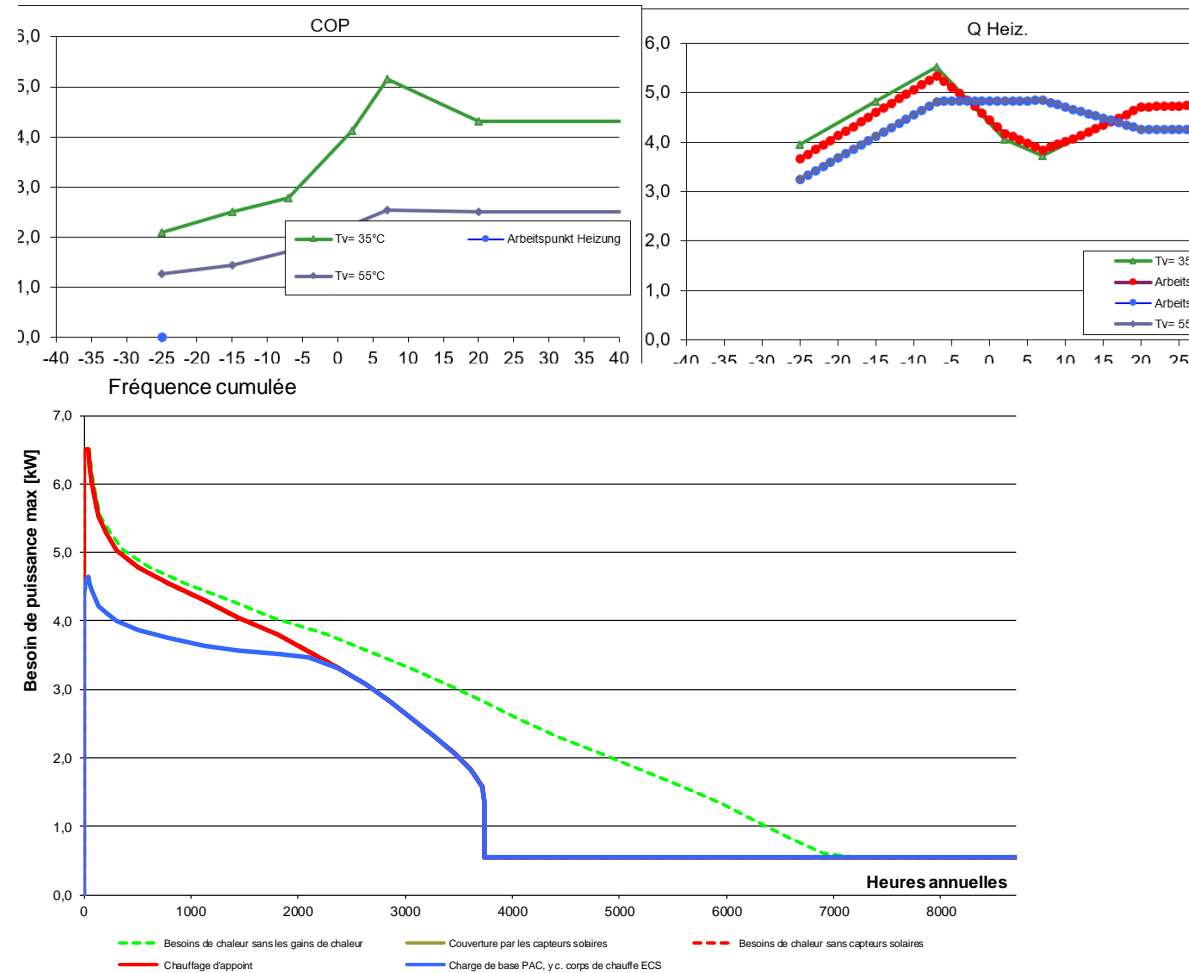
Résultats			
Part d'énergie électrique pour le chauffage	$\epsilon =$	15,4%	kWh = 1 926
Part d'énergie électrique pour l'ECS	$\epsilon =$	1,6%	kWh = 79
Pertes en mode chauffage (démarrage, accumulateur, etc.)		5%	Etah = 95%
Pertes en mode préparation d'ECS (démarrage, accumulateur, etc.)		6%	Etaw = 94%
Durée de fonctionnement de la pompe à chaleur		h / a	3 803
Part et COP annuel de la pompe à chaleur pour le chauffage	$\epsilon =$	84,6%	JAZ _h = 3,82
Part et COP annuel de la pompe à chaleur pour l'ECS	$\epsilon =$	98,4%	JAZ _{ww} = 2,28
COP annuel pour chauffage et ECS (COPa [ch+ECS])	y compris el. add.	-	2,52



Quelques notions

Exploration du PACesti (feuilles masquées)

« WP_BIN » :



« Graph » :



Quelques notions

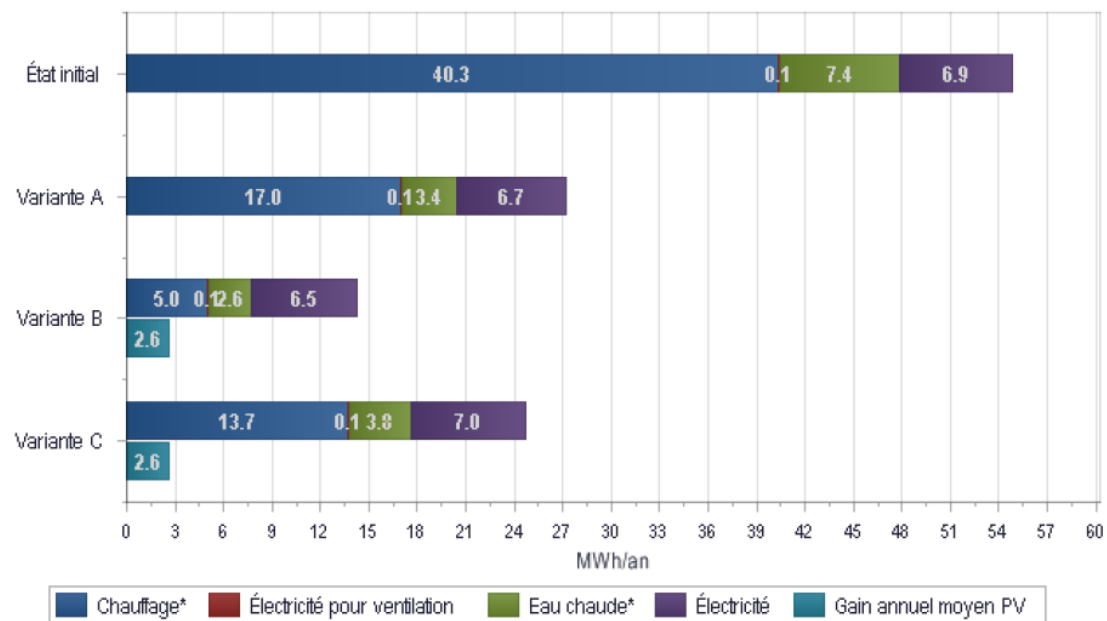
Rapport de conseils

Energie finale :

7 Aperçu énergie finale

Ci-dessous, la répartition de la consommation énergétique par poste et pour chaque variante proposée en comparaison avec l'état initial.

7.1 Avec données d'utilisation standard:



* Le besoin couvert par l'énergie thermique solaire est déjà déduit

La variante B est la plus efficace. La variante B apporte une amélioration supplémentaire en termes de réduction de la consommation énergétique comparativement à la variante A.

Les besoins de chauffage de la variante B intègre le COP de la pompe à chaleur.



Quelques notions

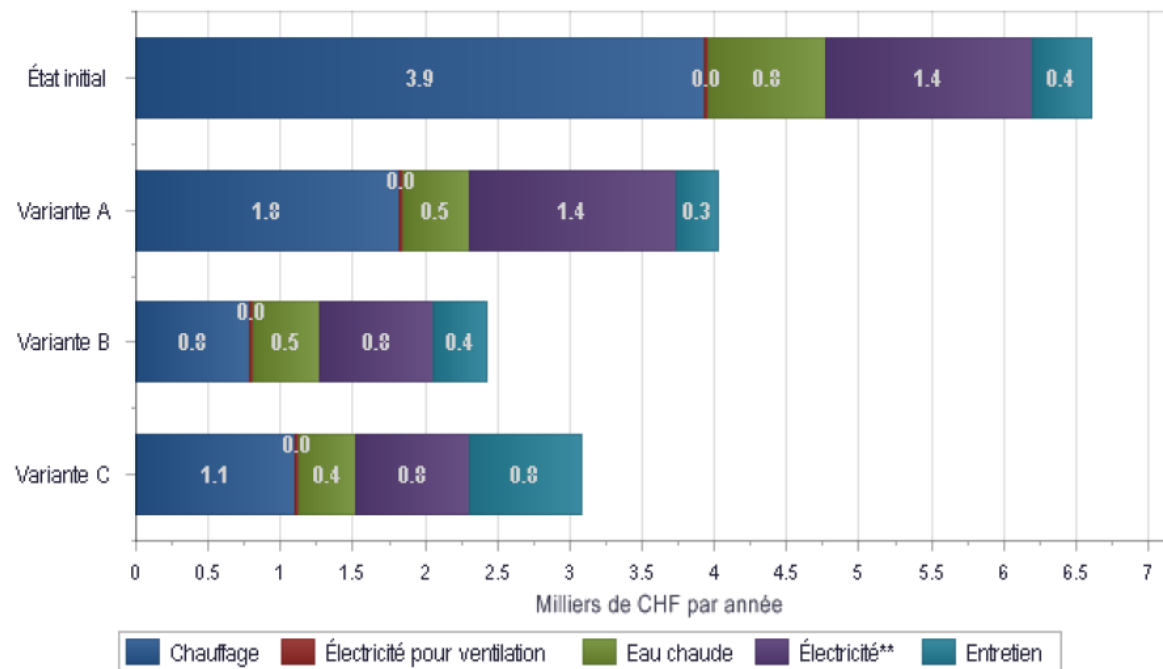
Rapport de conseils

Coût énergétiques :

8 Coûts énergétiques annuels

Ci-dessous, la répartition de la dépense énergétique par poste et pour chaque variante proposée en comparaison avec l'état initial.

8.1 Avec données d'utilisation standard:



** Le besoin couvert par l'énergie thermique solaire ainsi que la production totale d'électricité sont déjà déduits

Un pouco de ciencia alonxa
de Deus, pero moita ciencia leva
directamente a Deus.

Présentation des cas



**Cas n°1 : chalet des années
1970**



**Cas n°2 : villa des années
1980**



**Cas n°3 : immeuble collectif
de 1960**



À vous de jouer !



À vous de jouer !

- Constituez des groupes de travail :
 - 4 experts par groupe
 - 1 groupe = 1 projet + 1 rapporteur
- L'orateur joue le rôle du maître de l'ouvrage
- Proposez des scénarios de rénovation (« variantes » CECB[®]Plus)
- Au moins un scénario doit intégrer une pompe à chaleur
- Pour chaque cas, un des groupes présente le résultat des discussions de manière argumentée (processus de décision) au MO
- Discussion ouverte ; avis des autres groupes



Solutions retenues par les
maîtres d'ouvrages et mises en
œuvre



Solutions retenues par les maîtres d'ouvrages et mises en œuvre

Avertissement

- Les projets présentés ci-après sont ceux qui ont été effectivement choisis par les maîtres d'ouvrage et mis en œuvre
- Ils ne constituent en aucun cas des solutions « idéales »
- Ils ne constituent en aucun cas des « modèles universels »
- Ils sont juste le fruit de choix réfléchis en fonction des critères propres à chaque maître d'ouvrage à une époque donnée
- Il faut cependant souligner que dans les 3 cas les propriétaires étaient satisfaits des travaux



Cas n°1 : chalet des années 1970

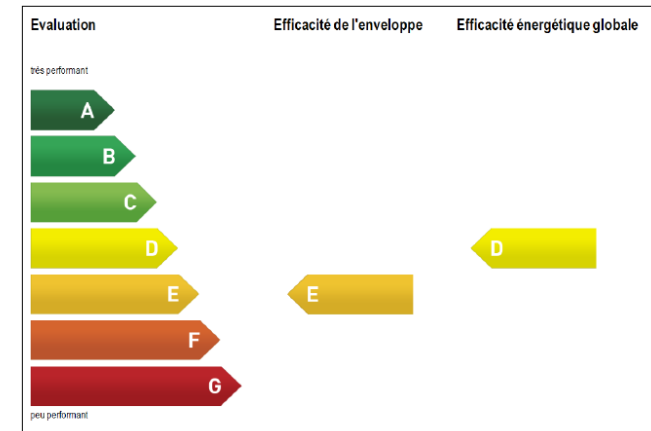
Situation initiale



Cas n°1 : chalet des années 1970

Etat physique et énergétique

- Maison individuelle
- 1979
- SRE = 160 m²
- 2 habitants
- Chambrelieu (Rochefort, NE)
- Orientation Sud-Est
- Altitude 724 m
- Chauffage et ECS au mazout (d'origine)
- Cheminée de salon peu utilisée
- Tuiles fibrociment à remplacer
- Façades ossature bois isolées (10 cm)
- Fenêtres à 60% déjà remplacées
- Entretien globalement bien suivi





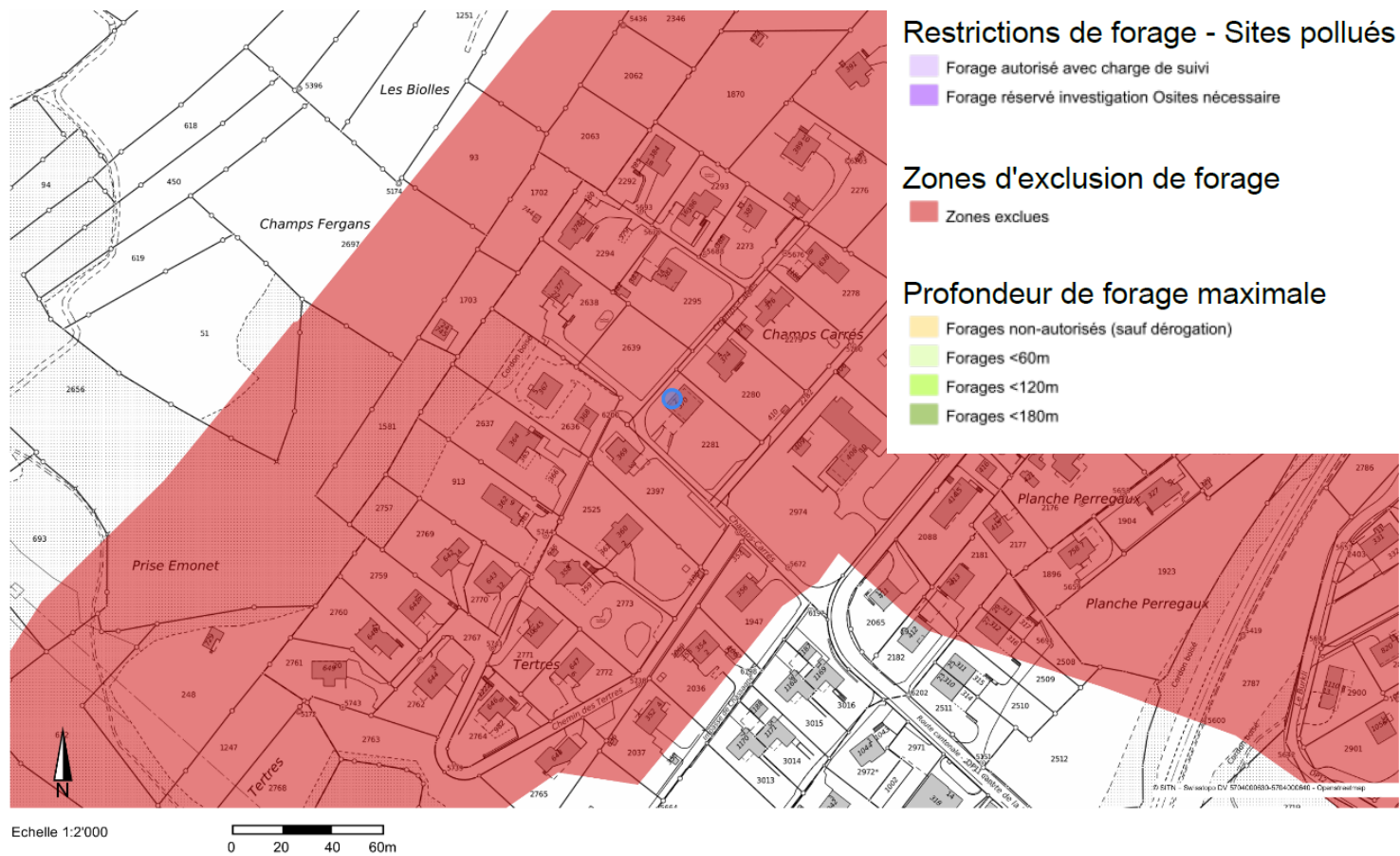
Cas n°1 : chalet des années 1970

Exposition/altitude



Cas n°1 : chalet des années 1970

Sous-sol



Potentiel solaire





Cas n°1 : chalet des années 1970

Toitures

Nord-Est



Sud-Ouest





Cas n°1 : chalet des années 1970

Façades

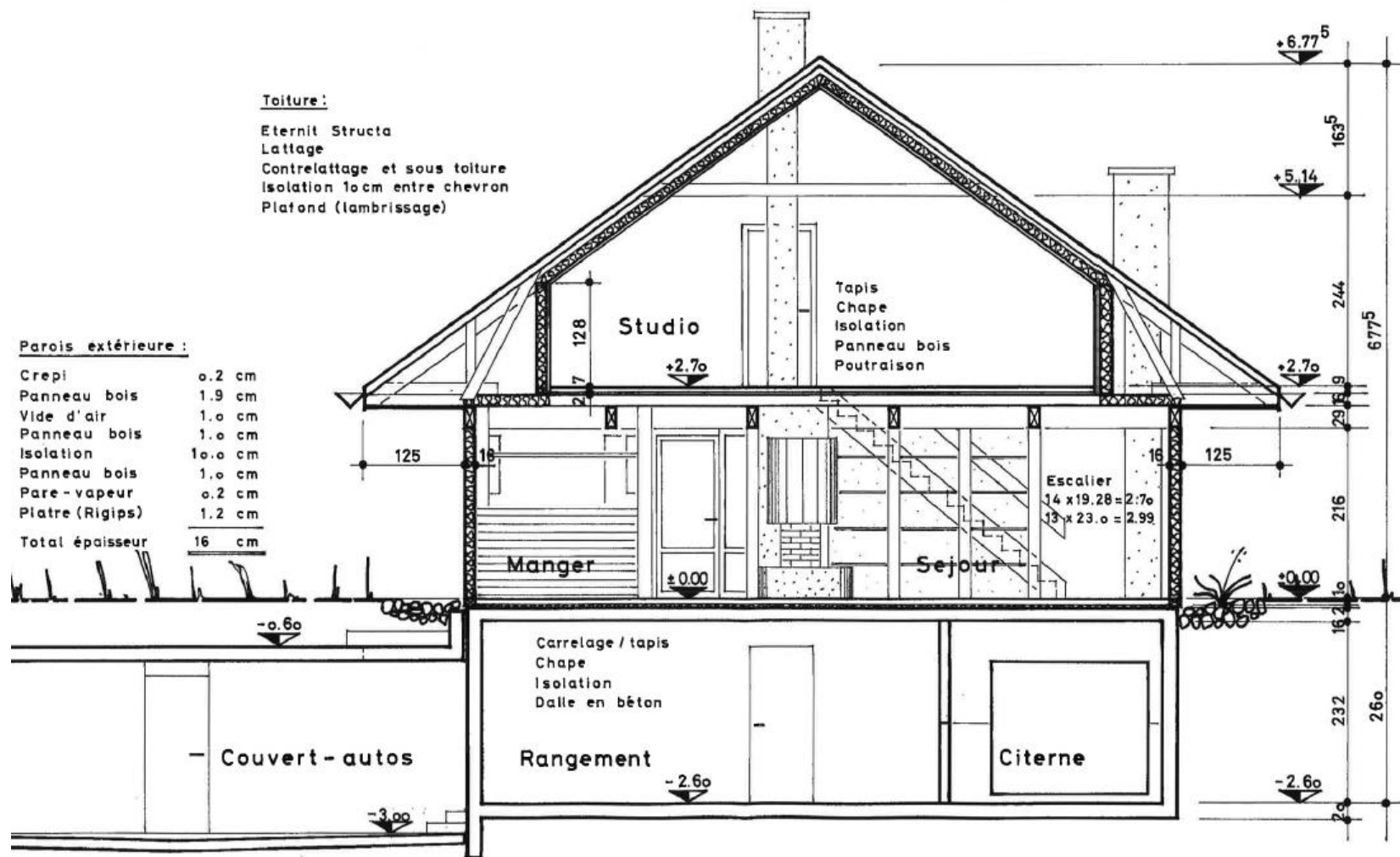
Sud-Est



Nord-Ouest



Isolation





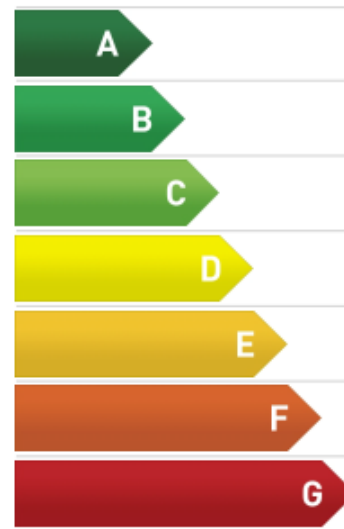
Cas n°1 : chalet des années 1970

Isolation

- Toiture : $U = 0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Murs c/ext. : $U = 0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Fenêtres DV (40%) : $U_w = 2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Fenêtres TV (60%) : $U_w = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Sol c/ext (13 m²): $U = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Sol c/NC (84 m²): $U = 0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$

Evaluation

très performant



peu performant





Cas n°1 : chalet des années 1970

Consommation énergétique

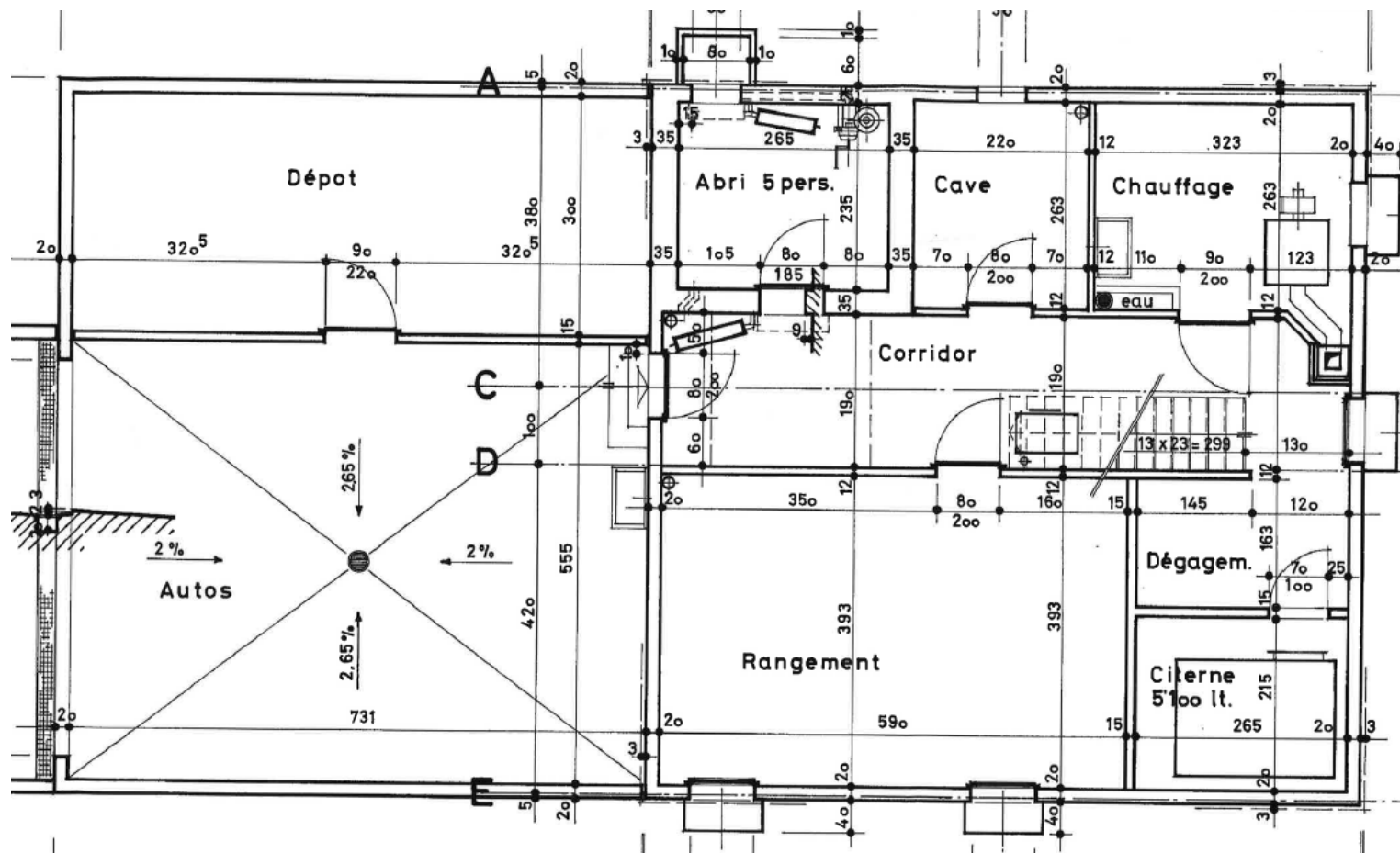
Consommation avant travaux :

- Réelles : env. 1'600 litres/an
- SIA 380/1 : env. 25'000 kWh/an

Écart important entre calcul théorique et consommations réelles qui s'explique par le comportement du maître d'ouvrage qui chauffe le strict minimum et sait bien tirer partie des apports solaires importants au travers de sa façade Sud



Locaux techniques

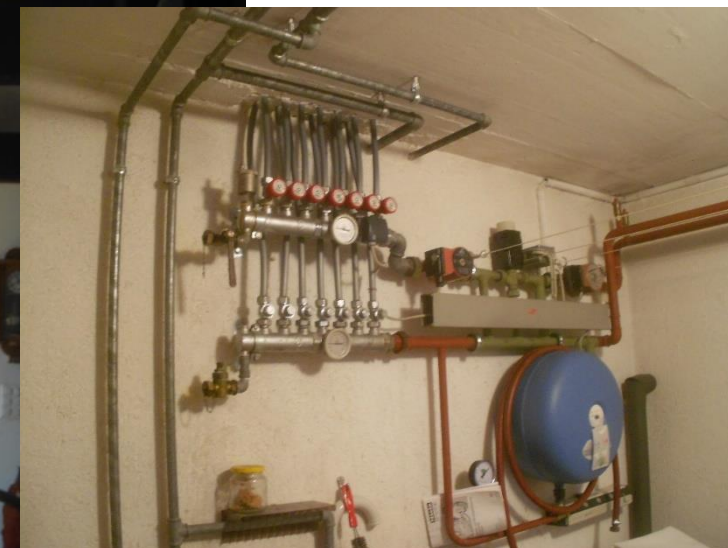




Cas n°1 : chalet des années 1970

Émission de chaleur

Chauffage au sol

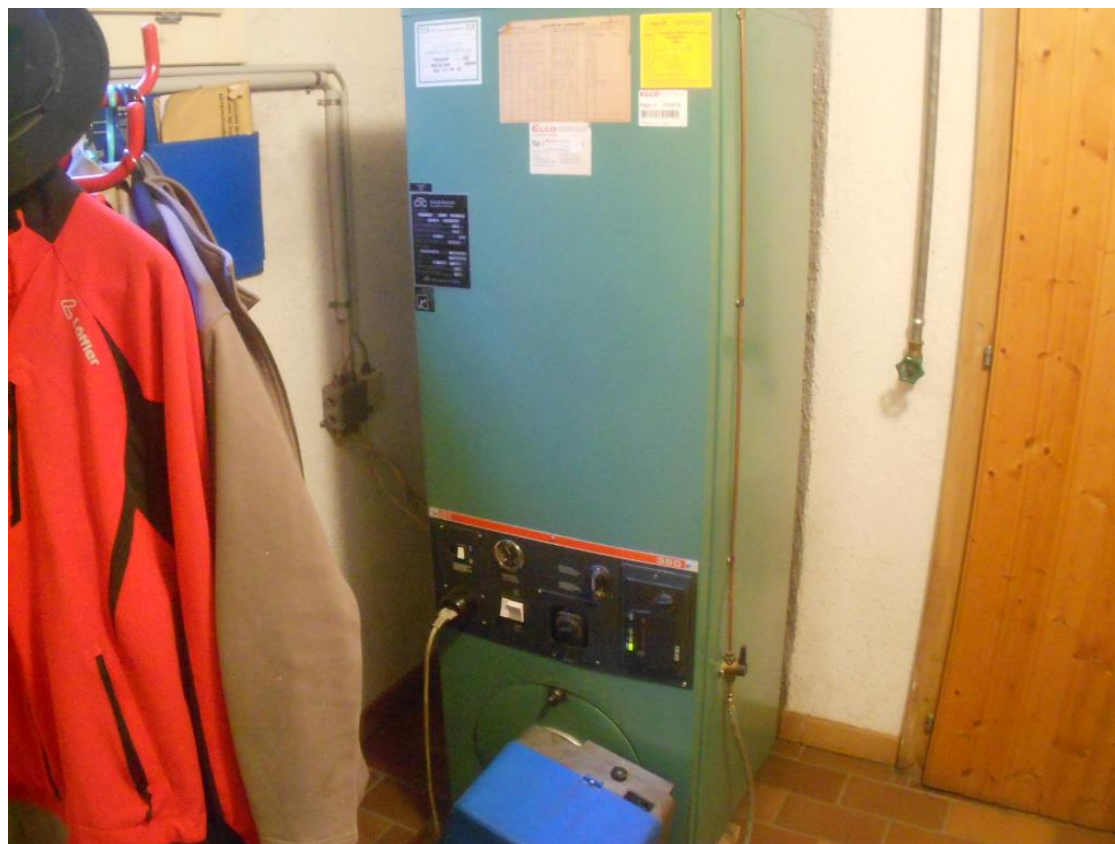




Cas n°1 : chalet des années 1970

Production de chaleur

Chaudière mazout de 1979 et de 26 kW pour chauffage et ECS





Cas n°1 : chalet des années 1970

Récapitulatif

- Enveloppe thermique bien isolée ($P_{th} < 10 \text{ kW}_{th}$),
- Entretien nécessaire en toiture (tuiles Eternit)
- Système de chauffage centralisé, émission par le sol
- Cheminée d'apparat (foyer ouvert)
- Production d'ECS centralisée dans le sous-sol
- Locaux techniques : chaufferie 8 m^2 , local citerne 5'000 litres
- Forts apports solaires au Sud
- Altitude 724 m
- Horizon dégagé
- Maître de l'ouvrage âgé, aux finances limitées, mais avec des convictions écologiques et de l'intérêt pour les nouvelles technologies



Cas n°1 : chalet des années 1970

Solutions retenues



Cas n°1 – Solutions retenues

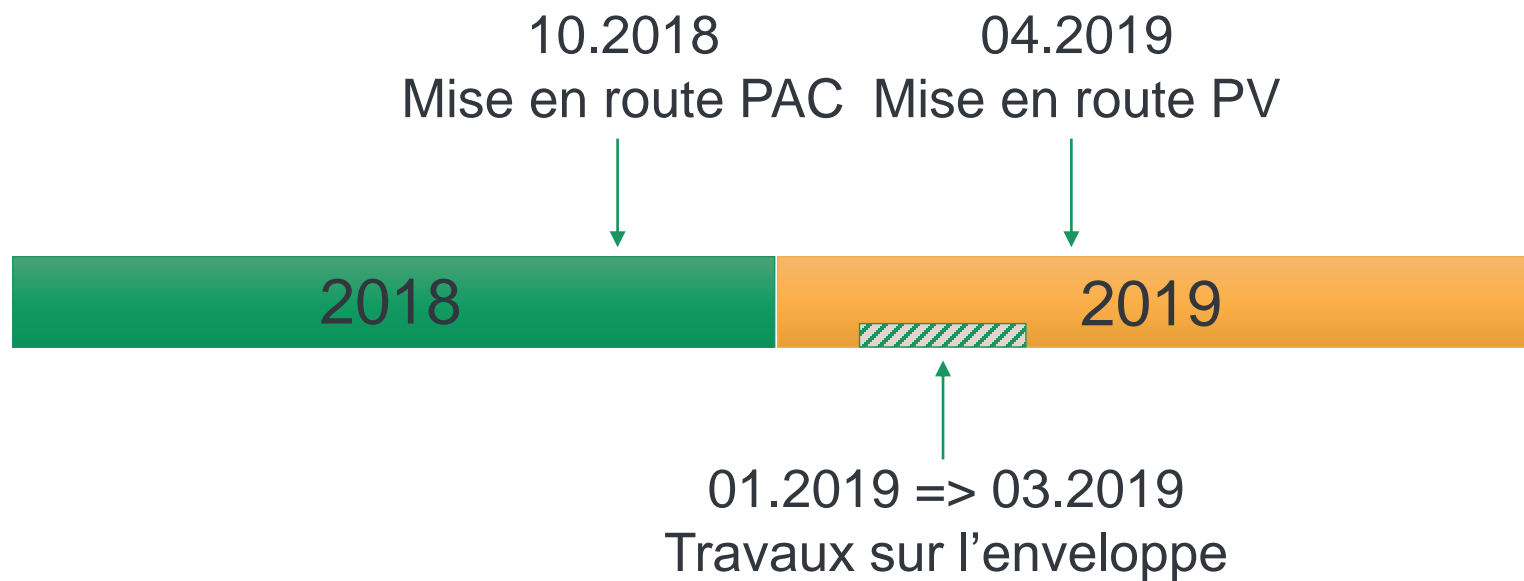
Projet retenu

- Entretien de l'enveloppe comprenant :
 - Renforcement de l'isolation du toit
 - Remplacement du velux par un triple vitrage
- Mise en place d'une pompe à chaleur air-eau
- \Rightarrow Consommation prévue : **15'000 kWh/an**
- Couverture solaire photovoltaïque (5 kWc) sur pan Sud
-
- Couverture solaire thermique (4.7 m²) sur pan Sud



Cas n°1 – Solutions retenues

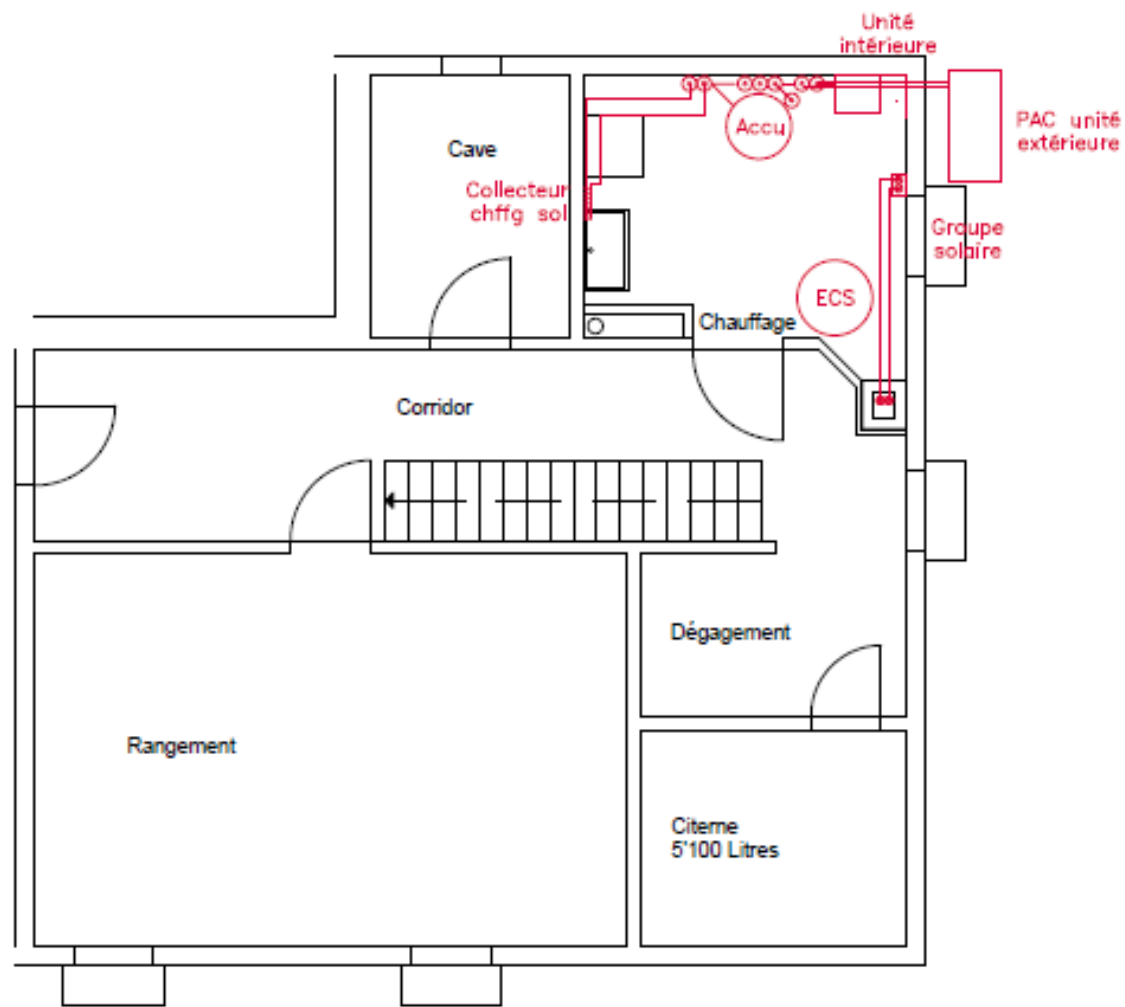
Planning des travaux



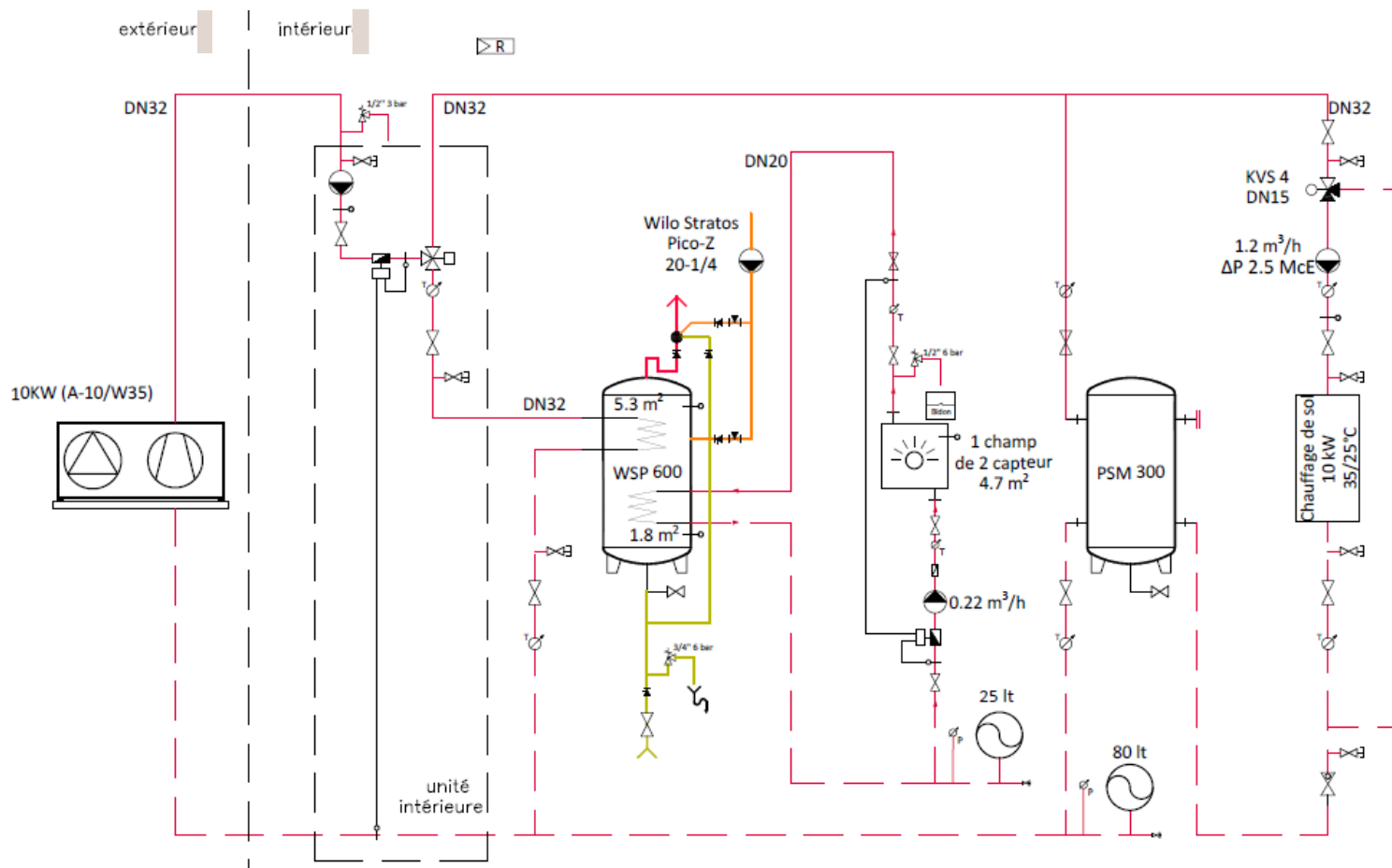


Cas n°1 – Solutions retenues

Chauffage



Chauffage





Cas n°1 – Solutions retenues

Chauffage





Cas n°1 – Solutions retenues

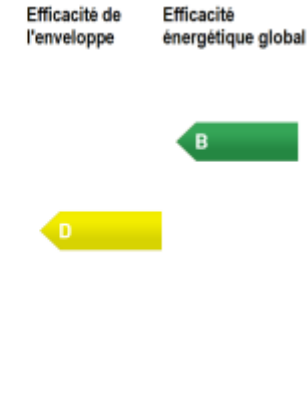
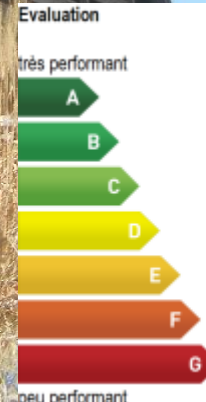
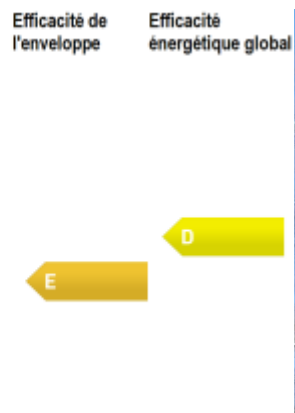
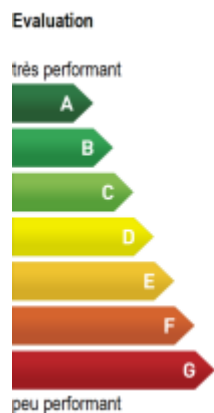
Toiture





Cas n°1 – Solutions retenues

Bilan global





Cas n°1 – Solutions retenues

Aspects économiques

- Chauffage : coûts 40'000 CHF comprenant :
- Pompe à chaleur 10 kW CHF 25'000.-
- Panneaux solaires thermiques CHF 11'500.-
- Divers (raccords, démontage, etc.) CHF 8'000.-
- Rabais CHF -4'500.-

Travaux annexes :

- Maçonnerie CHF 3'500.-
- Raccordements électriques CHF 6'500.-
- Menuiserie CHF 1'200.-

Total CHF 51'200.-



Cas n°1 – Solutions retenues

Aspects économiques

Projet	Coût TTC	Subventions*	Déductions**	Total
Projet réalisé	51 kCHF	-6 kCHF	-14 kCHF	31 kCHF
Remplacement	20 kCHF	-	-6 kCHF	14 kCHF

Investissement net : 17 kCHF

Coûts énergétiques annuels (chauffage et ECS) :

- avant travaux : 2,5 kCHF/an
- après travaux : 1,2 kCHF/an
- *remplacement* : 1,8 kCHF/an

$$RSI_{p/r \text{ état initial}} = 4,2 \%$$

$$RSI_{p/r \text{ remplacement}} = 3,5 \%$$

* *Hors enveloppe*

** *Taux d'imposition considéré 30%*

*** *Tarif de rachat considéré 12 cts/kWh*



Cas n°1 – Solutions retenues

Retour sur ce projet

Solution qui présentait un bon compromis investissement/facilité d'exploitation/bilan environnemental pour le propriétaire

Choix du solaire thermique en plus de la pompe à chaleur pour limiter au maximum sa consommation électrique

Problème esthétique au niveau du choix de l'emplacement du module extérieur

Problème au niveau du raccordement des panneaux solaires



Cas n°2 : villa des années 1980

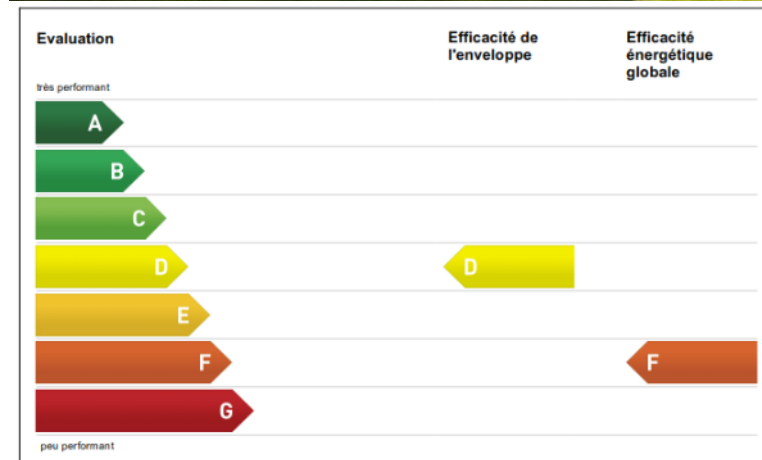
Situation initiale



Cas n°2 : villa des années 1980

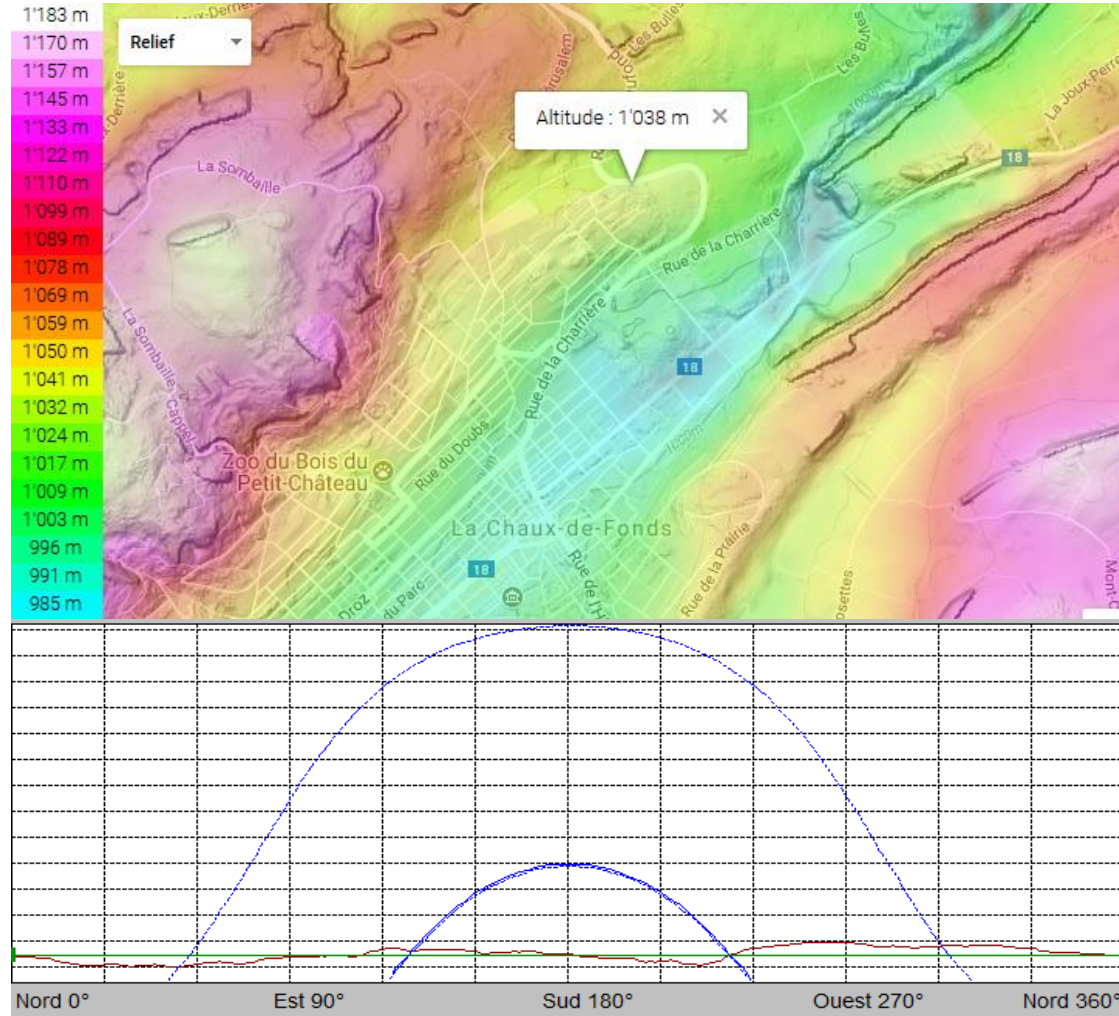
Etat physique et énergétique

- Maison individuelle
- 1986
- SRE = 230 m²
- 4 habitants
- La Chaux-de-Fonds
- Orientation Est/Ouest
- Altitude 1'030 m
- Chauffage électrique direct
- Cheminée de salon peu utilisée
- Boiler électrique pour l'ECS
- Tuiles Eternit à remplacer
- Isolation périphérique dégradée
- Fenêtres en partie déjà remplacées



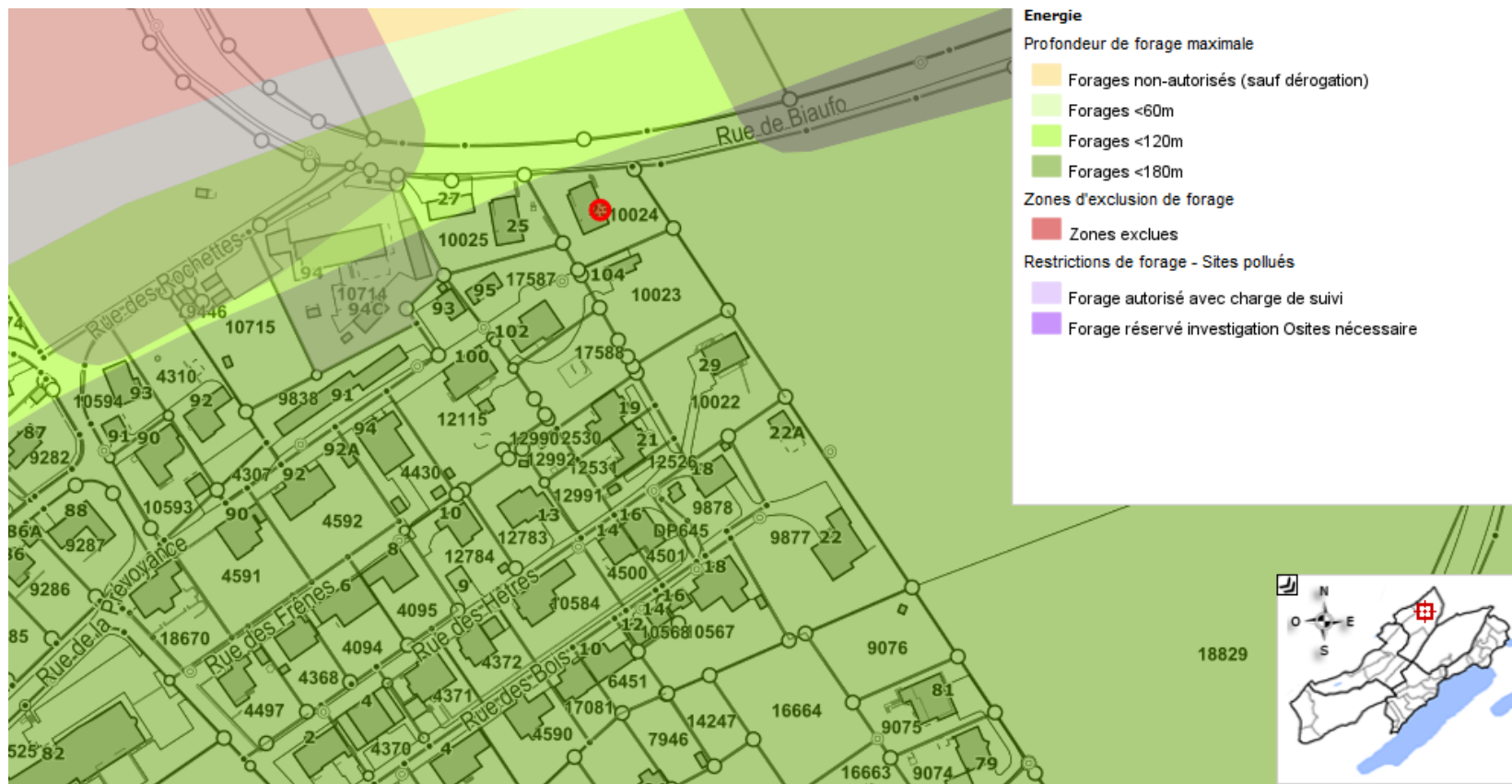
Cas n°2 : villa des années 1980

Exposition



Cas n°2 : villa des années 1980

Sous-sol



Potentiel solaire





Cas n°2 : villa des années 1980

Toitures

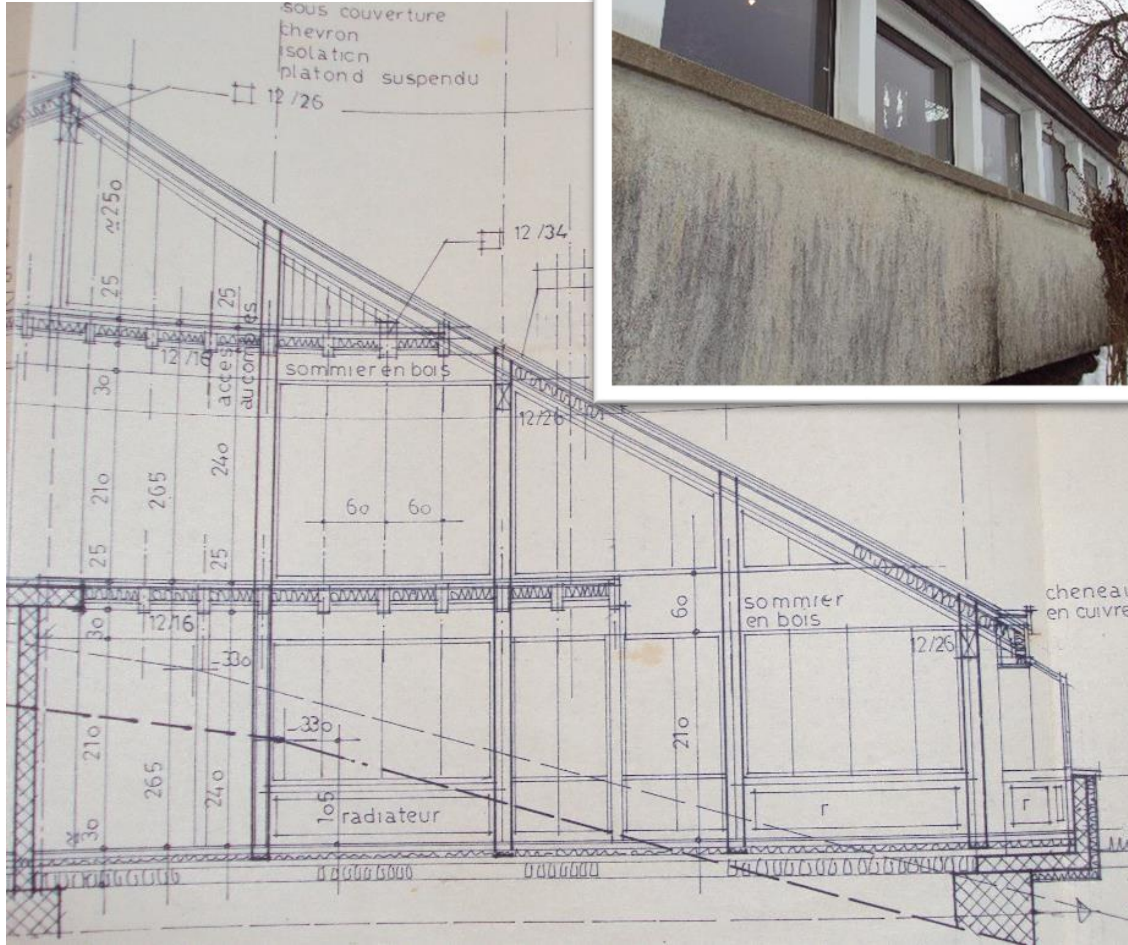


Cas n°2 : villa des années 1980

Façades



Isolation

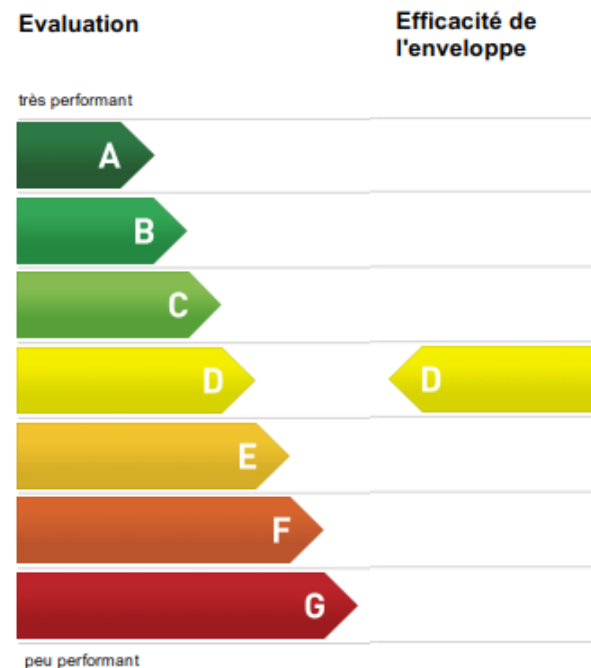




Cas n°2 : villa des années 1980

Isolation

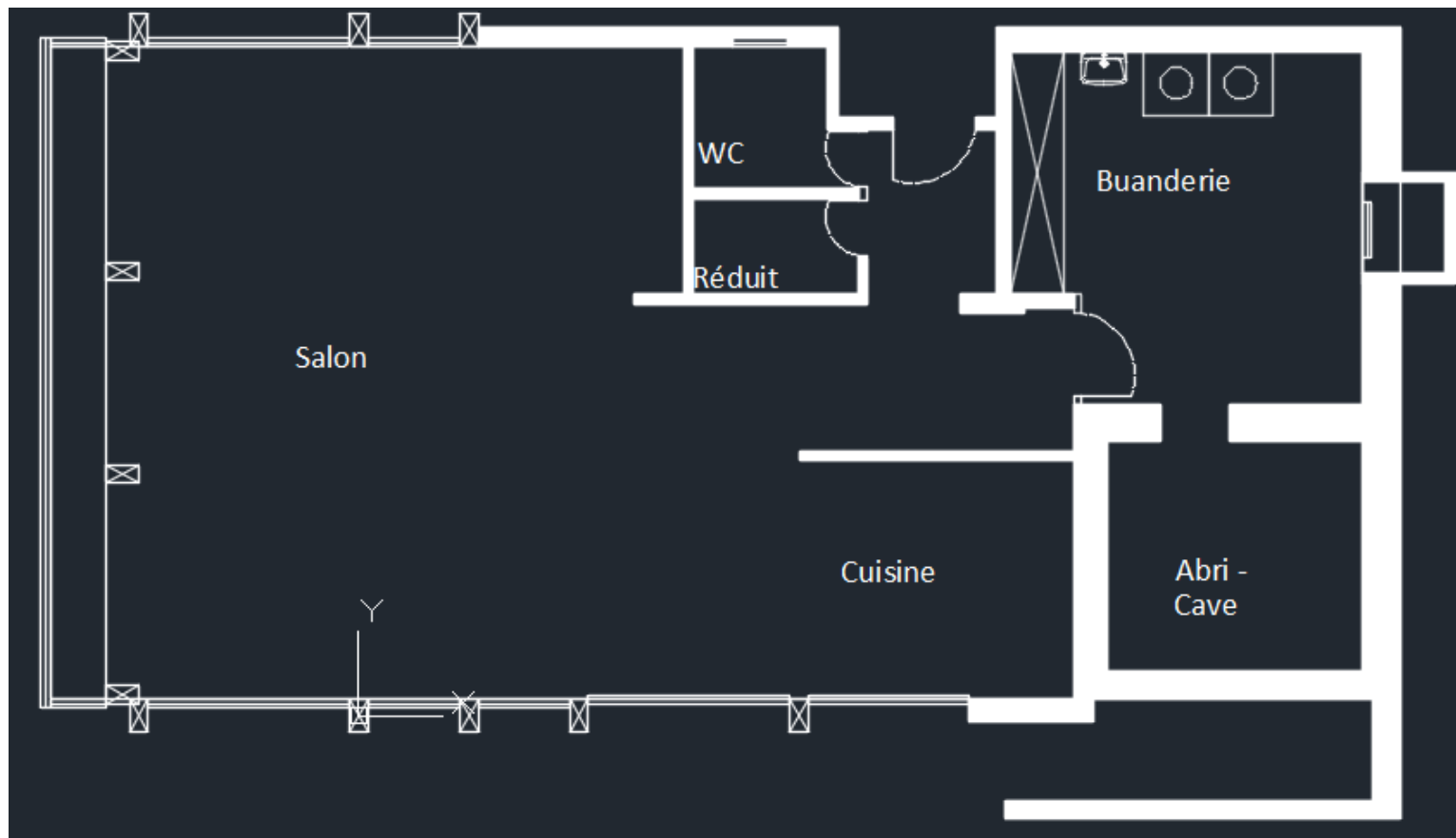
- Toiture : $U = 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$ (*45 m² Sud et 93 m² Nord*)
- Murs c/ext. : $U = 0,27 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Murs c/NC : $U = 2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Fenêtres anciennes : $U_w = 2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Fenêtres récentes : $U_w = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Sol c/terre : $U = 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Sol c/NC : $U = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$





Cas n°2 : villa des années 1980

Locaux techniques





Cas n°2 : villa des années 1980

Production/émission de chaleur

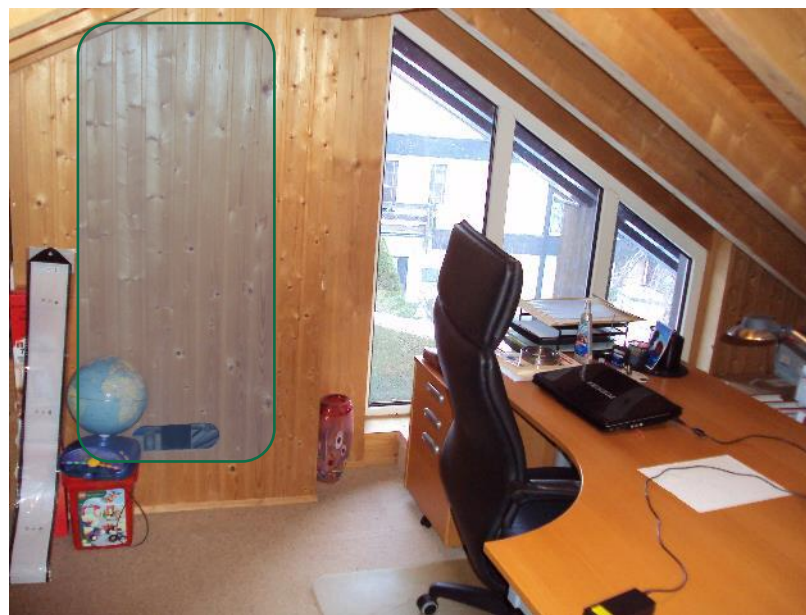




Cas n°2 : villa des années 1980

Eau chaude sanitaire

Centralisée (boiler électrique), dans les combles





Cas n°2 : villa des années 1980

Récapitulatif

- Enveloppe thermique bien isolée ($P_{th} < 8 \text{ kW}_{th}$),
- Entretien nécessaire : tuiles Eternit, isolation périphérique
- Système électrique décentralisé, pas de réseau hydraulique
- Cheminée d'apparat (foyer ouvert)
- Production d'ECS centralisée dans les combles
- Locaux techniques : buanderie 8 m², réduit extérieur 3 m², abri PC
- Exposition Est/Ouest
- Altitude > 1'000 m
- Toiture exposée principalement Nord
- Horizon dégagé
- Maître de l'ouvrage aisé, actif, féru de nouvelles technologies, régulièrement absent pour voyages d'affaires



Cas n°2 : villa des années 1980

Solutions retenues



Cas n°2 – Solutions retenues

Projet retenu

- Entretien de l'enveloppe comprenant :
 - Renforcement de l'isolation du toit
 - Renforcement de l'isolation des façades
 - Remplacement des anciennes fenêtres (1/3)

- Mise en place d'une pompe à chaleur géothermique
=> Consommation prévue : **12'000 kWh/an**

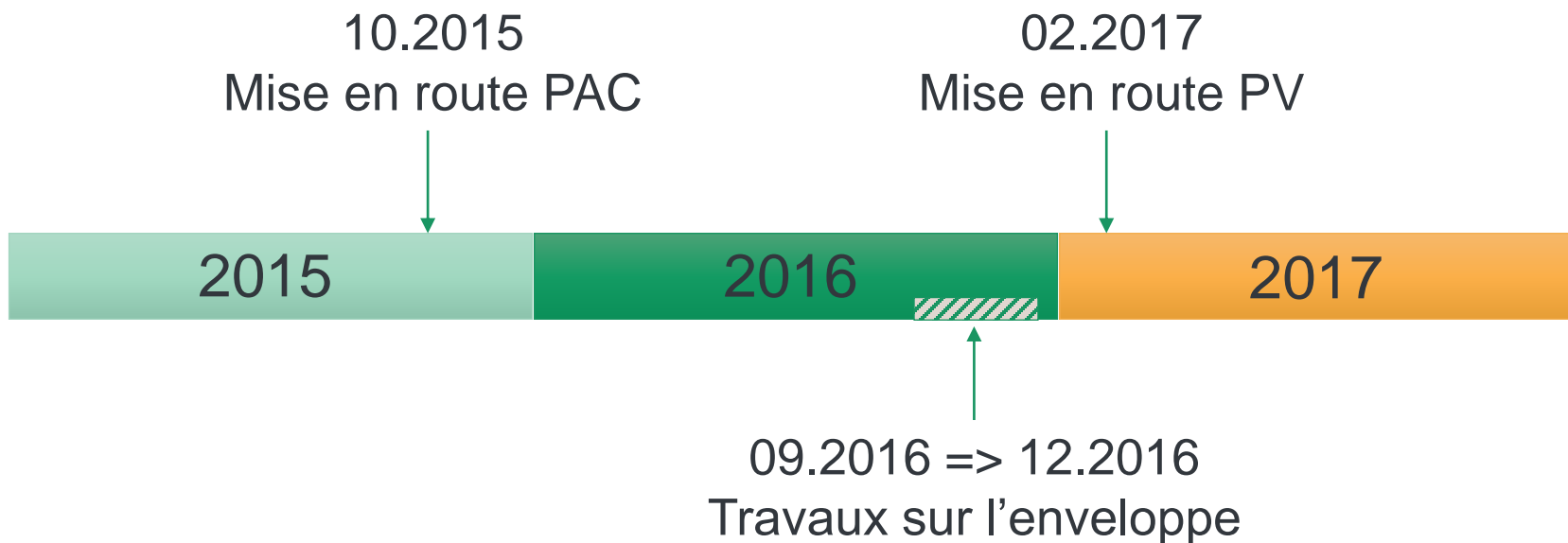
- Couverture solaire photovoltaïque sur toitures Nord et Sud

=> Production prévue : **14'000 kWh/an**

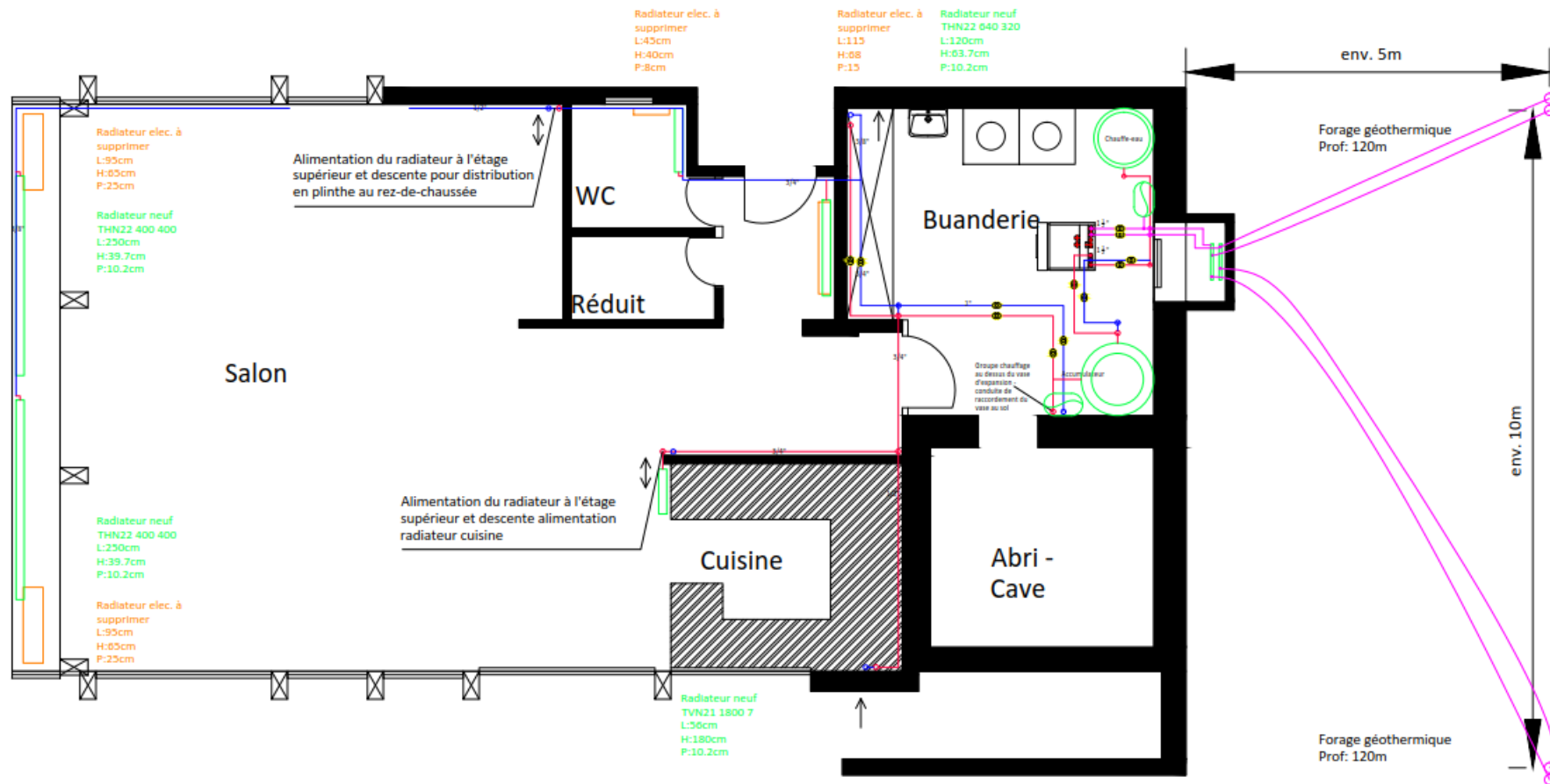


Cas n°2 – Solutions retenues

Planning des travaux



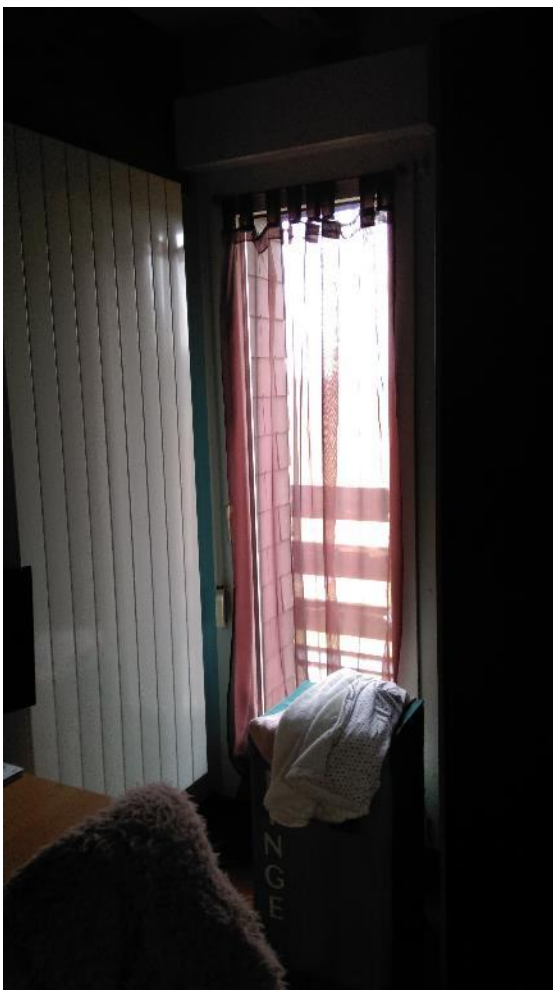
Chauffage





Cas n°2 – Solutions retenues

Chauffage





Cas n°2 – Solutions retenues

Enveloppe





Cas n°2 – Solutions retenues

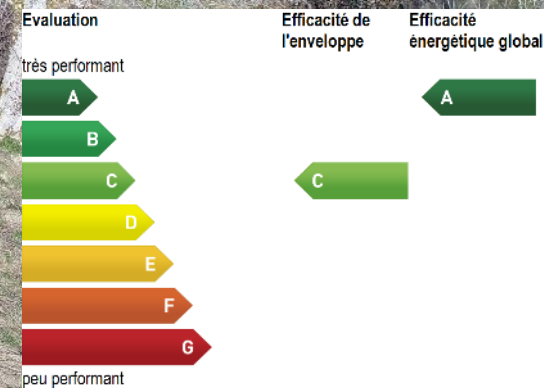
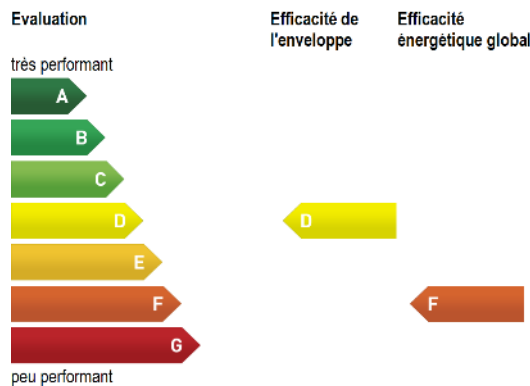
Enveloppe





Cas n°2 – Solutions retenues

Bilan global





Cas n°2 – Solutions retenues

Aspects économiques

Chauffage : coûts 78'000 CHF comprenant :

- Forages 2 x 120 m CHF 25'000.-
- Pompe à chaleur 12 kW CHF 25'000.-
- Nouvelle distribution de chaleur (y.c. ECS) CHF 28'000.-

Travaux annexes :

- Travaux de maçonnerie CHF 5'000.-
- Terrassement (raccordement des sondes) CHF 4'000.-
- Raccordements électriques CHF 4'000.-

Total CHF 91'000.-

+Photovoltaïque

CHF 45'000.-



Cas n°2 – Solutions retenues

Aspects économiques

Projet	Coût TTC	Subventions*	Déductions**	Total
Villa +14 MWh/an	91 kCHF	-3 kCHF	-27 kCHF	61 kCHF
Villa +6,6 MWh/an	105 kCHF	-7 kCHF	-30 kCHF	68 kCHF
Villa -2,2 MWh/an	136 kCHF	-30 kCHF	-32 kCHF	74 kCHF

=> Coût du pan Sud (6 kWc) : **CHF 7'000.-**

=> Coût du pan Nord (12 kWc) : **CHF 6'000.-**

Coûts énergétiques annuels (chauffage et ECS) :

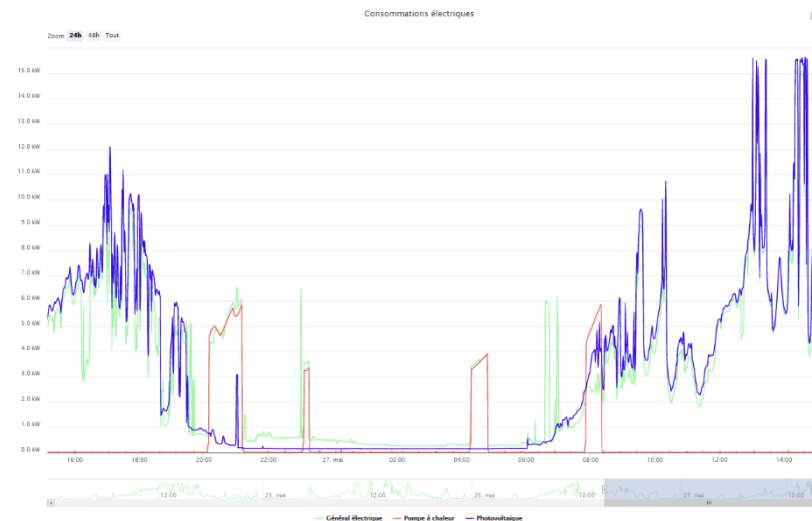
- avant travaux : 4,5 kCHF/an
- après travaux : 0,5 kCHF/an RSI = 5,4 %

* *Hors enveloppe*

** *Taux d'imposition considéré 30%*

Retour sur ce projet

- La villa produit 5'000 à 7'000 kWh de plus que ce qu'elle consomme :
 - solution photovoltaïque intégrée Swisspearl plus onéreuse mais également plus puissante (20 kWc),
 - la part initiale d'électricité dévolue à la production de chaleur a peut-être été surestimée,
 - les adolescentes se sont éloignées de la maison...
- Retour des propriétaires :
 - ils sont ravis du confort thermique
- Autoconsommation à optimiser





Cas n°3 : immeuble collectif de 1960

Situation initiale



Cas n°3 : immeuble collectif de 1960

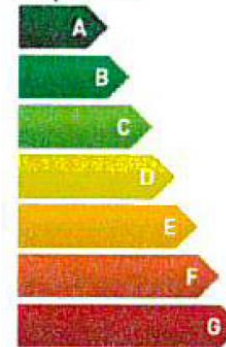
Etat physique et énergétique

- Immeuble collectif (18 appartements)
- 1961
- SRE = 1'203 m²
- Confignon (GE)
- Orientation façade principale : Sud-Est / Nord-Ouest
- Fenêtre doubles vitrage PVC de 2007 (Ug=1,1)
- IDC 700 MJ/m²an
- Chaudière mazout de 1995
- Ventilation naturelle des pièce humides dans conduits maçonnés
- Production d'eau chaude centralisée (sans bouclage)
- Enveloppe état moyen
- Rénovation HPE en site occupé



Evaluation

très performant



peu performant

Efficacité de l'enveloppe

Efficacité énergétique globale

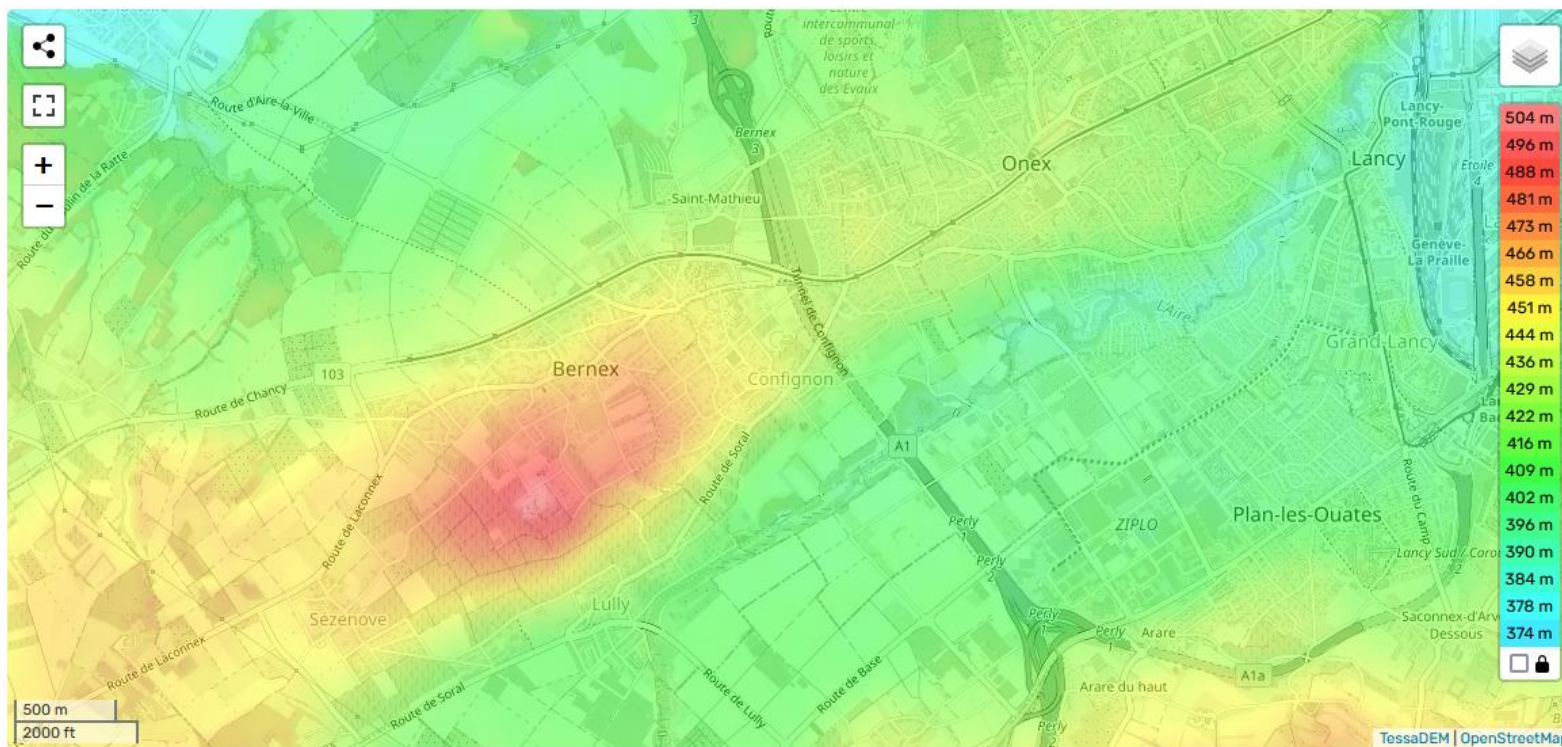


Cas n°3 : immeuble collectif de 1960

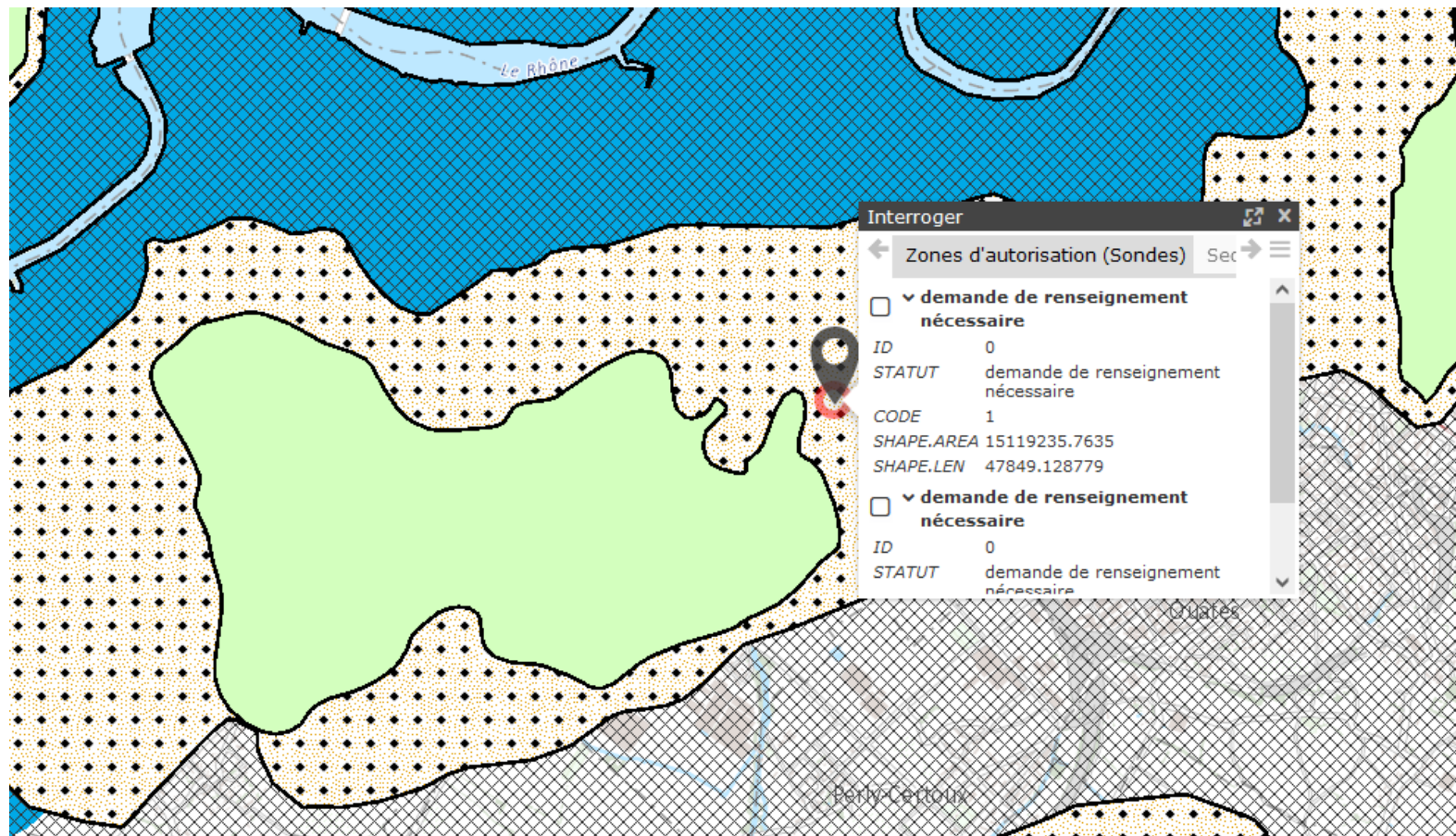
Altitude

Carte topographique Confignon

Cliquez sur la carte pour afficher l'altitude.



Sous-sol





Cas n°3 : immeuble collectif de 1960

Toiture





Cas n°3 : immeuble collectif de 1960

Façades



Nord-Ouest



Sud-Est

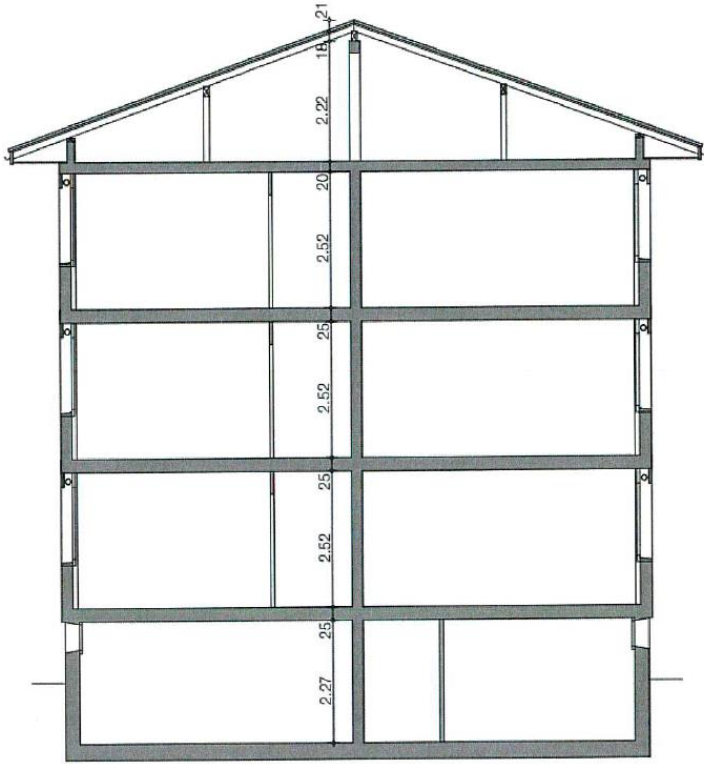
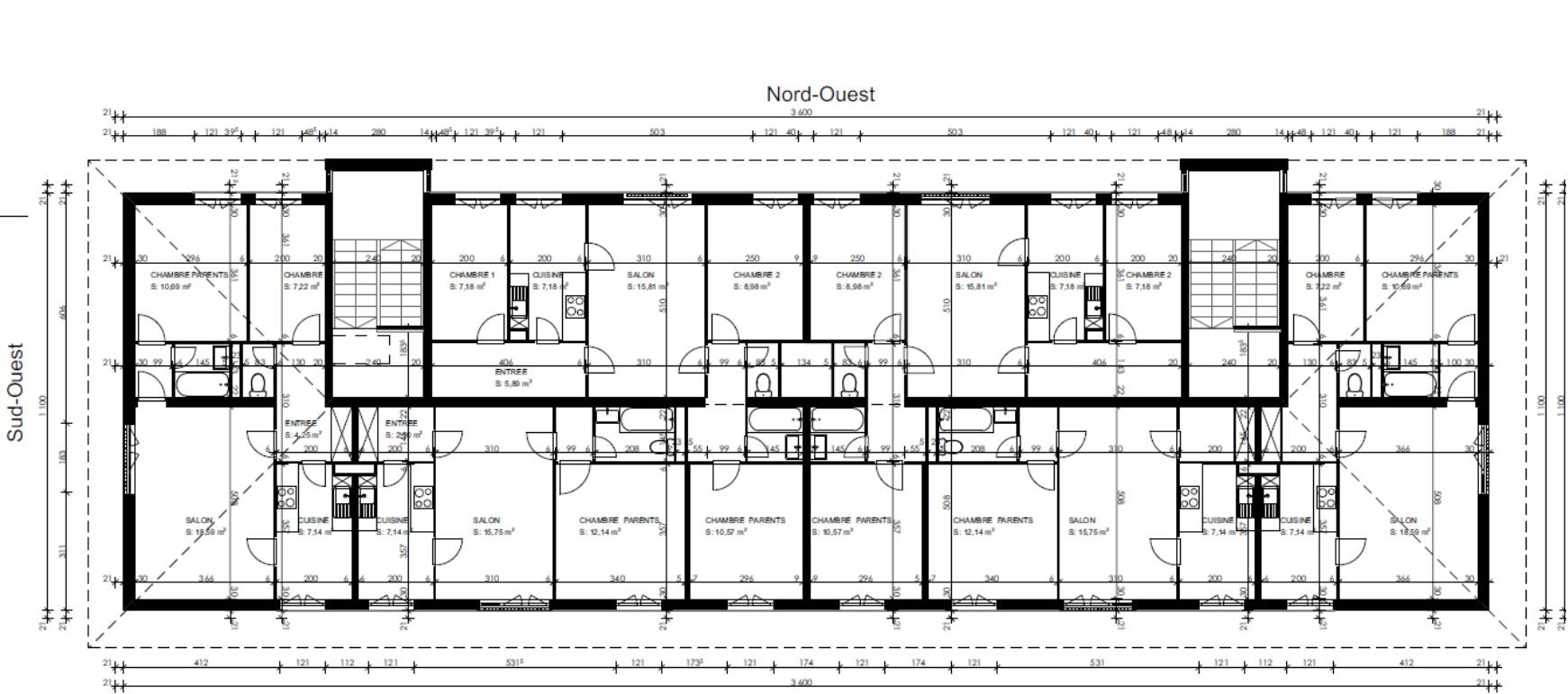


Nord-Est



Cas n°3 : immeuble collectif de 1960

Plan type

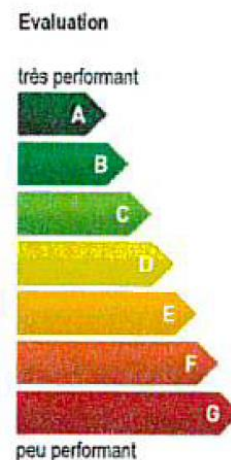




Cas n°3 : immeuble collectif de 1960

Isolation

Type d'élément de construction	Surface nette [m ²]	Valeur U [W/(m ² K)]
Plafond contre locaux non chauffés	401	1.9
Mur contre air extérieur	629	0.89
Mur contre terrain ≤ 2m	7	3.6
Mur contre local non chauffé	57	2.7
Fenêtres et portes, verticaux	180	2.2
Sol contre air extérieur	5	3.3
Sol contre terrain ≤ 2m	25	5.4
Sol contre locaux non chauffés	371	2.0





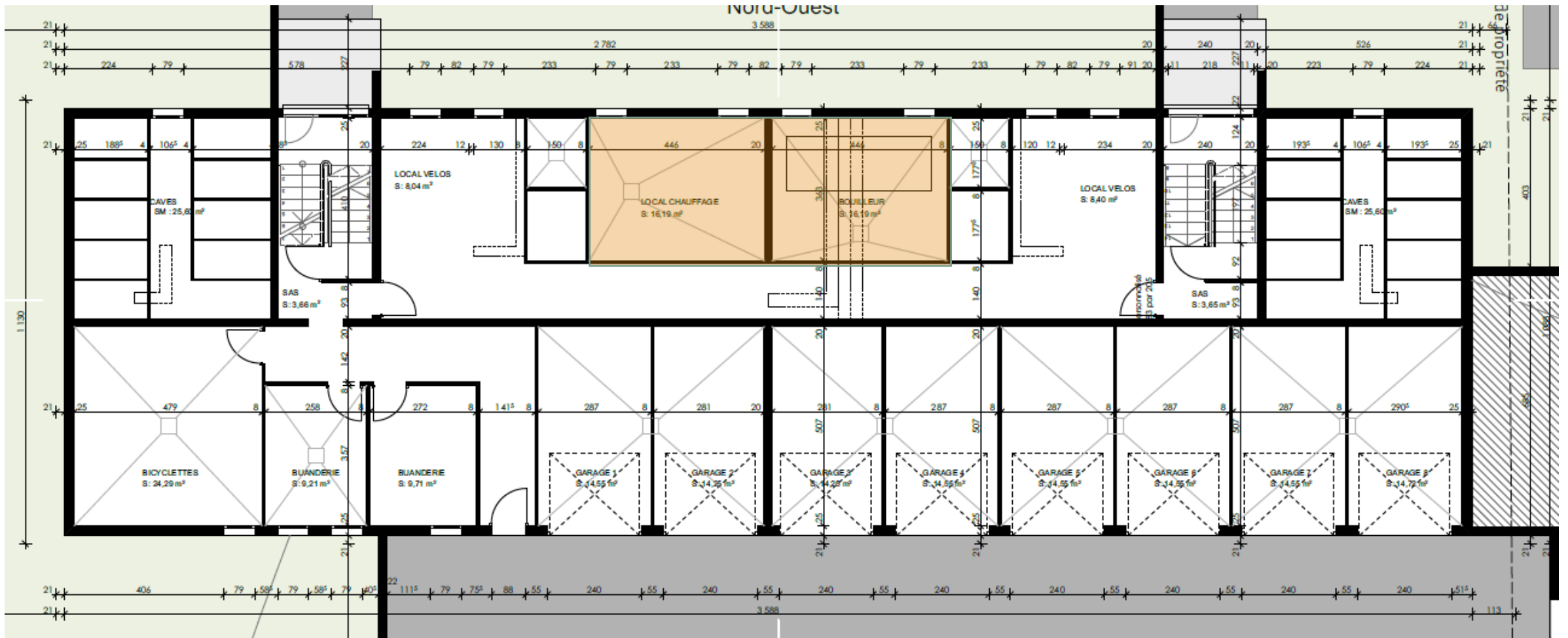
Cas n°3 : immeuble collectif de 1960

Consommation énergétique

- Consommation avant travaux : 27'000 litres de mazout /an
- SRE 3x401 m² => 22,2 litres mazout/m²_{SRE}

Locaux techniques

- Consommation avant travaux : près de 2 GWh/an





Cas n°3 : immeuble collectif de 1960

Production de chaleur

- Mazout avec boiler 500 litres intégré



Chaudière

Kesseltyp Type de chaudière Caldaia tipo Boiler model		BCa 7S-9	Zulässige Vorlauftemperatur Température d'exploitation max. Temperatura d'esercizio massima Max. boiler working temperature	°C
Nennleistung Puissance nominale Potenzialità nominale Output		121 - 160	Zulässiger Betriebsüberdruck Pression d'exploitation Pressione d'esercizio Max. operating pressure	bar
Feuerungs-Nennwärmebelastung Puissance au brûleur Potenzialità focolare Input		128 - 171	Wasserinhalt bei NW Volume d'eau minimale Volume d'acqua minimale Min. water content	l
Baujahr Année de fabrication Anno di fabbricazione Year manufactured		1995	Heizfläche Surface de chauffe Superficie riscaldante Heating surface	m ²
OFEFP 292113		AEAJ 5156		

Boiler

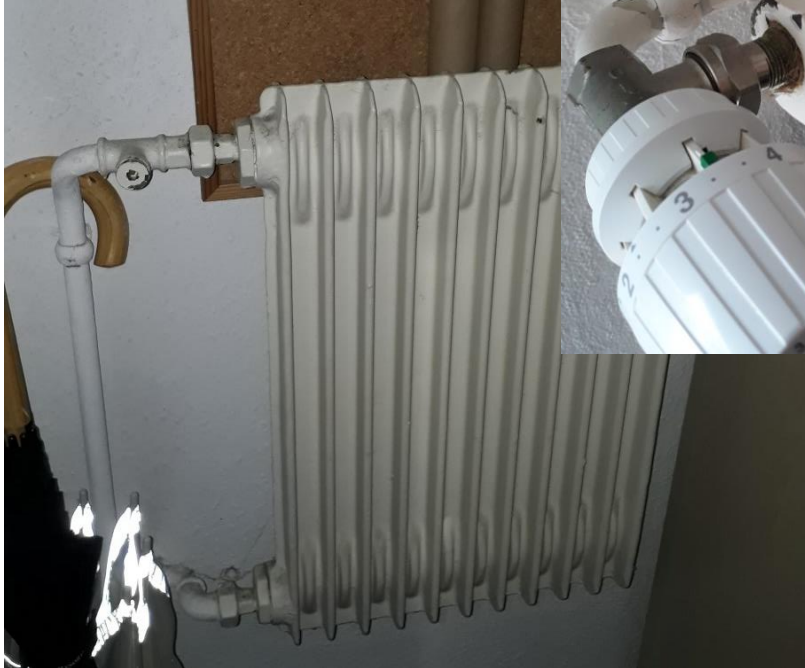
Wasserwärmer-Typ Type du bouilleur Tipo bollitore Calorifier-Type		CSH 500 S		Betriebsüberdruck Pression d'exploitation Pressione d'esercizio Working pressure		bar	10
Inhalt Contenance Contenuto Contents		Liter Litres Litri Liters	500	Probeüberdruck Pression d'essai Pressione di prova Test pressure		bar	13
Baujahr Année de fabrication Anno di fabbricazione Year when built		1995		Herstellnummer Numéro de fabrication Numero di fabbricazione Production number			
Material Matériau Materiale Material		1.4571		95 02	CSH 500 S	2009867	



Cas n°3 : immeuble collectif de 1960

Émission de chaleur

- haute température, sans vannes thermostatiques

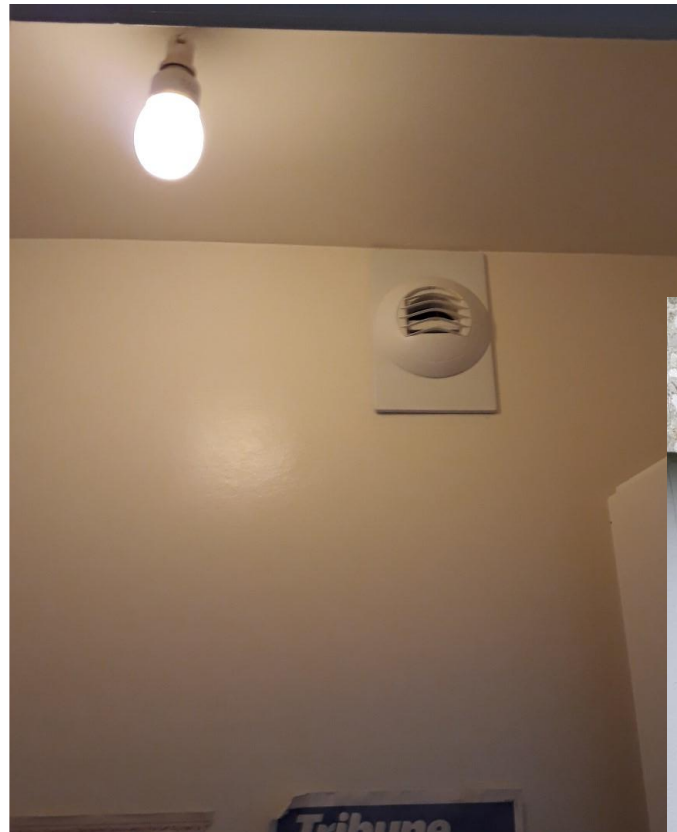




Cas n°3 : immeuble collectif de 1960

Ventilation

- naturelle dans conduits maçonné (enternit amianté) avec amenée d'air en partie basse et sortie en partie haute





Cas n°3 : immeuble collectif de 1960

Récapitulatif

- Enveloppe thermique vétuste au niveau énergétique
- Production de chaleur mazout à remplacer
- Accès chauffage à distance possible dans 2-3 ans
- Autorisations de forage incertaines (sur dossier)
- Ventilation 100% naturelle via conduits maçonnée dans les pièces humides
- Locaux techniques 2x16 m²
- Toiture 4 pans avec combles non exploités
- Objectifs du maître de l'ouvrage (fondation au travers d'une gérance «proactive») :
 - rénovation HPE exemplaire
 - coût limités
 - délais courts
 - en site occupé



Cas n°3 : immeuble collectif de 1960

Solutions retenues



Cas n°3 – Solutions retenues

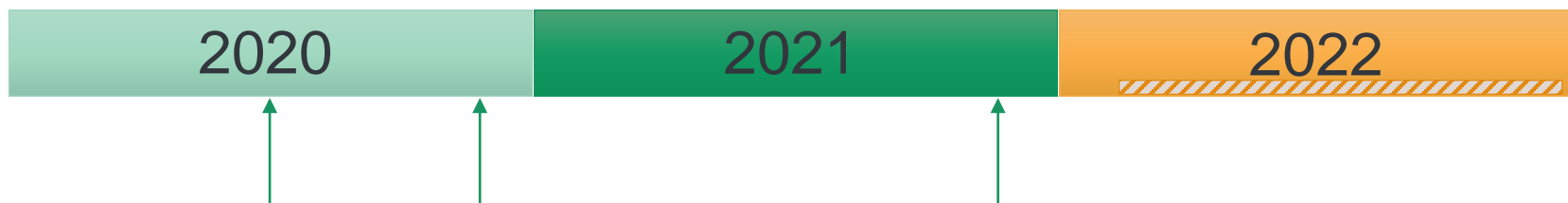
Projet retenu

- Rénovation complète de l'enveloppe comprenant :
 - Isolation du plancher des combles (semi-praticable)
 - Isolation périphérique des façades (EPS)
 - coffres de volets roulants isolés (autant que faire se peut)
 - Isolation du plafond du sous-sol
- Mais :
 - Conservation des fenêtres de 2007 ($U_g=1.0$)
- Au niveau technique :
 - 3 pompes à chaleur en cascade Wiessmann AWHI 351
 - Remplacement des radiateurs par des radiateurs 50°C (sauf salles d'eau) pour raison de vétusté
 - Ventilation simple-flux hygroréglable avec monobloc dans les combles et BEA dans coffres de volets roulants ; dérogation pour éviter la récupération de chaleur (1'800 m³/h)
 - Solaire thermique et photovoltaïque (HPE nouveau règlement)



Cas n°3 – Solutions retenues

Planning des travaux



1^{ère} étape :

- CECBplus
- Autor fin 2020

2^{ème} étape :

- Autorisation reçue (raison administrative)
- Demande subventions

3^{ème} étape :

- Début travaux fév. 2022
- Fin travaux novembre 2022

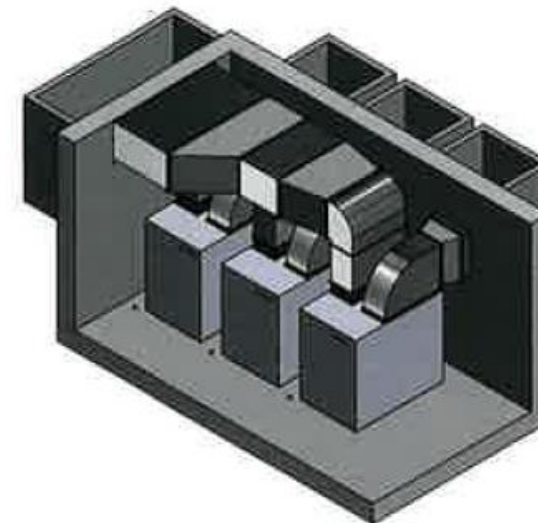
Chauffage – Production

Besoins après travaux : 50kW

Installation de pompe à chaleur		Liste des PAC		Hersteller: Viessmann		
Nom et type de PAC				Typ: L/W AWHI 351.A20		
Source de chaleur:				Pompe à chaleur air/eau Plusieurs vitesses		
Utilisation (chauffage ou eau chaude sanitaire)				Chauffage+ECS		
Accumulateur de chaleur				avec accumulateur chauffage		
Mode de fonctionnement de la PAC				fonctionnement chauffage monovalent		
Température de la source (entrée PAC)	°C	-15	-7	2	7	20
Valeurs de calcul pour T _{dép} 35°C(Q _h /COP):	°C	13.0kW / 2.4	15.3kW / 2.7	18.5kW / 3.2	20.6kW / 3.4	0.0kW / 0.0

Résultats			
		0.0%	
Part d'énergie électrique pour l'ECS	$\epsilon =$	1.0%	kWh = 130
Pertes en mode chauffage (démarrage, accumulateur, etc.)		4%	Et _{ah} = 96%
Pertes en mode préparation d'ECS (démarrage, accumulateur, etc.)		6%	Et _{aw} = 94%
Durée de fonctionnement de la pompe à chaleur			h / a = 1 287
Part et COP annuel de la pompe à chaleur pour le chauffage	$\epsilon =$	100.0%	JAZ _h = 2.39
Part et COP annuel de la pompe à chaleur pour l'ECS	$\epsilon =$	65.9%	JAZ _{ww} = 2.53
COP annuel pour chauffage et ECS (COP _a [ch+ECS])	exclu el. add.		- 2.44

Cascade de 3 appareils WPL 19-24l



		Genève-Cointrin
		Habitat collectif
A _E	m ²	401
Q _{h,eff}	kWh/m2a	56
Q _T	kWh/m2a	55
Q _V	kWh/m2a	36
	%	5%
	h/d	0
10,8	kW	
Q _{ww}	kWh/m2a	31,3
	%	50%



Cas n°3 – Solutions retenues

Chauffage – Récupération de chaleur

CONCERNE :		Chaumont 4-6		CFC NUMERO :		242 & 243				
INSTALLATION :		Lot chauffage		TOTAL DEVIS :		5				
NUMERO		A		B		C		D		E
ENTREPRISE										
VILLE										
		Francs		Francs		Francs		Francs		Francs
MONTANT BRUT OFFRE		207 360.00		252 100.00		271 750.00		398 368.00		464 568.00
MONTANT BRUT CORRIGE		207 360.00		252 100.00		271 750.00		398 368.00		464 568.00
FRAIS D' ETUDE %	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
RABAIS %	0.00	0.00	3.00	7 563.00	4.32	11 749.99	2.00	7 967.36	5.00	23 228.40
ESCOMPTE %	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	8 826.79
TOTAL NET 1		207 360.00		244 537.00		260 000.01		390 400.64		432 512.81
PRORATA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ASSURANCE	2.59	5 366.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.50	10 812.82
TOTAL NET 2 HT		201 993.52		244 537.00		260 000.01		390 400.64		421 699.99
TOTAL NET 2 HT ARRONDI		201 993.50		244 537.00		260 000.00		390 000.00		420 000.00
TVA	7.70	15 553.50	7.70	18 829.35	7.70	20 020.00	7.70	30 030.00	7.70	32 340.00
TOTAL NET 3 TTC		CHF 217 547.00		CHF 263 366.35		CHF 280 020.00		CHF 420 030.00		CHF 452 340.00
TOTAL NET 3 TTC ARRONDI		CHF 217 547.00		CHF 263 000.00		CHF 280 020.00		CHF 420 030.00		CHF 452 340.00
RANG		1		2		3		4		5
DIFFERENCE EN %		100.00%		120.89%		128.72%		193.08%		207.93%
ECART EN %		0.00%		17.28%		22.31%		48.21%		51.91%

Comprend :

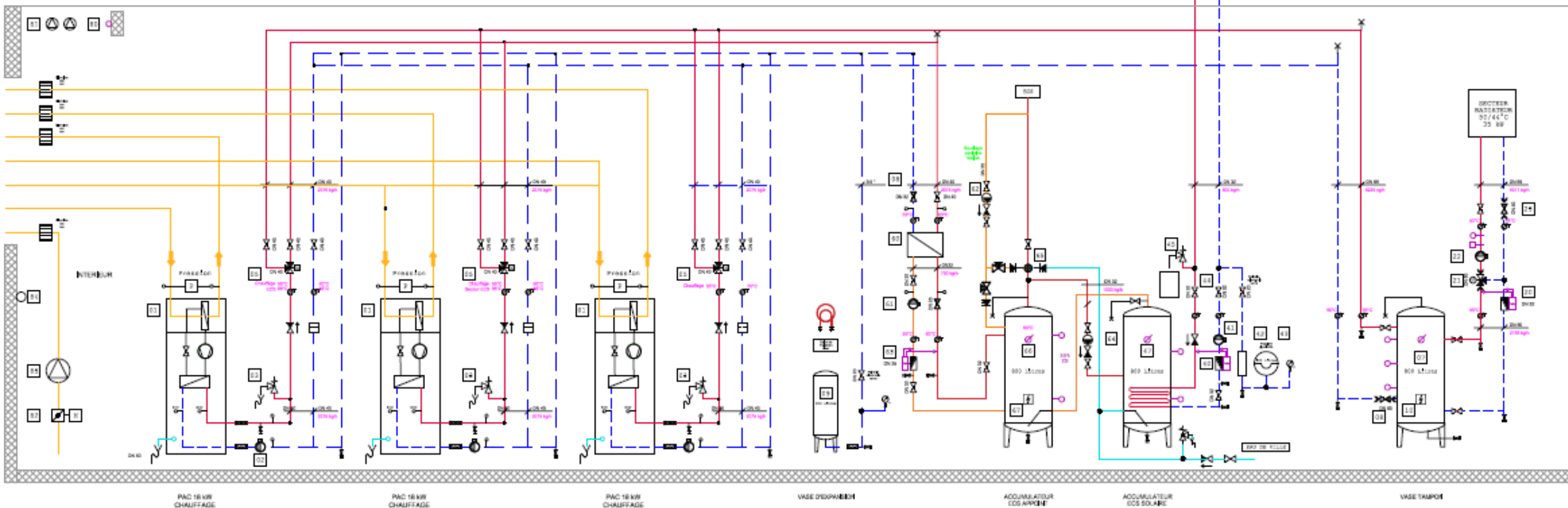
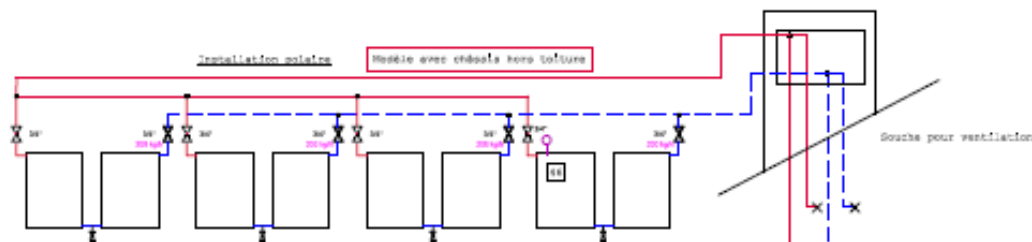
- démontage
- 3 nouvelles PAC
- nouvelle distribution horizontale
- nouveaux émetteurs
- solaire thermique
- boiler ECS + ballon de préchauffage

Hors coûts de maçonnerie !

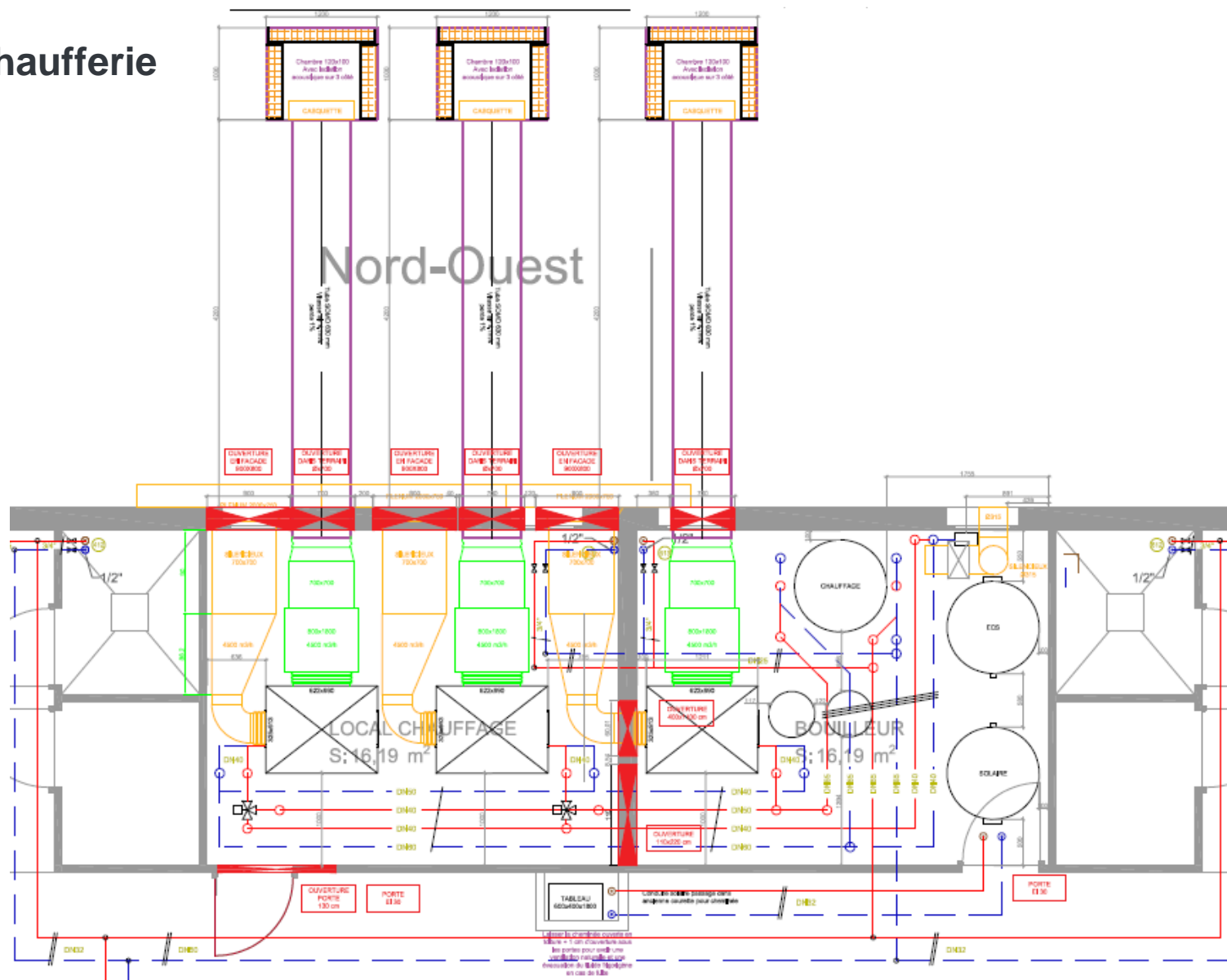
Chauffage – Récupération de chaleur

CHAUFFAGE SECONDAIRE			
20	Compteur de chaleur	D832	B&G/kyometro Ultrason avec calculateur
21	Vanne 3 voies mélange	D840	HCK
22	Circulateur	D832	Wielmann 145 HSDM4X 42-4E-180
23	Vanne de réglage de débit	D830	TA STAF

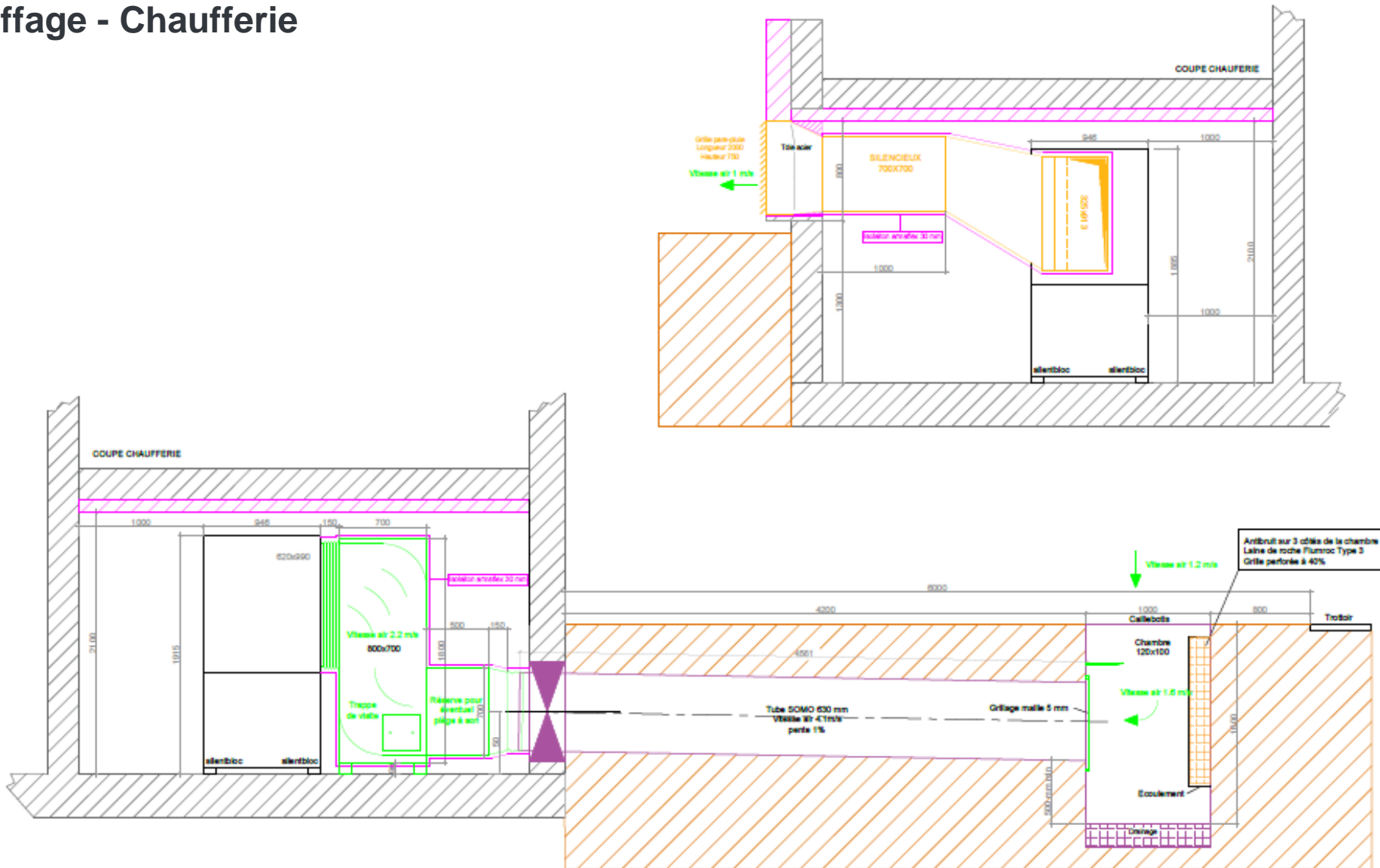
DIVERS			
60	Sonde température extérieure	HCK	
61	Ventilateur logement	H&G	Caladair Matériau 415 1000y
62	Clapet limitation air vicié	H&G	HSDM4X 42-4E-180
63	Ventilateur extraction gaz	B&G	STAF
64	Sonde gaz 8473C	HCK	



Chauffage - Chaufferie



Chauffage - Chaufferie





Cas n°3 – Solutions retenues

Production de chaleur





Cas n°3 – Solutions retenues

Production de chaleur





Cas n°3 – Solutions retenues

Production de chaleur





Cas n°3 – Solutions retenues

Enveloppe



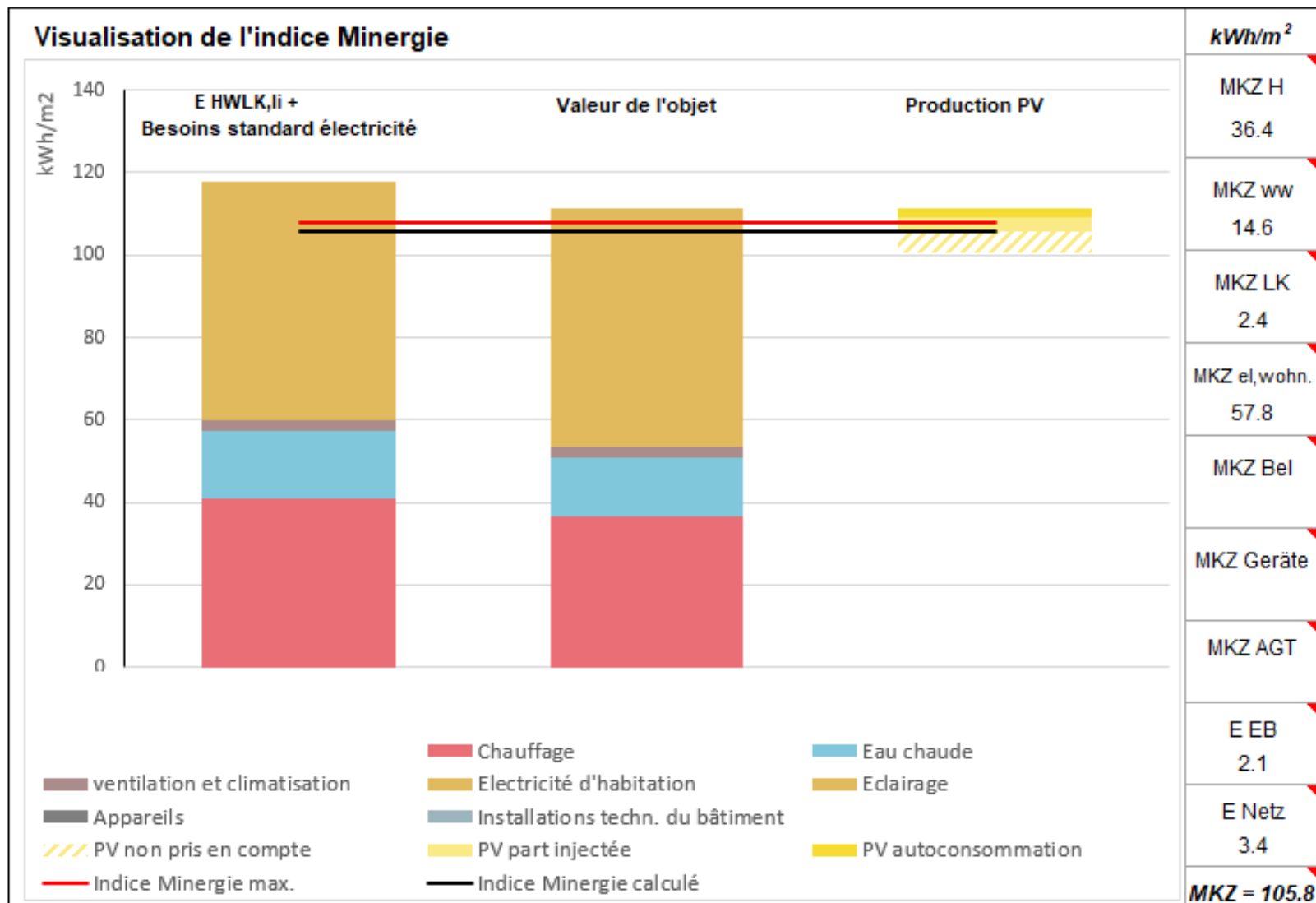


Cas n°3 – Solutions retenues

Enveloppe



Bilan après travaux





Cas n°3 – Solutions retenues

Retour sur cette solution

Il est tout à fait possible de remplacer le fossile par des pompes à chaleur sous réserve :

- D'avoir la place disponible en chaufferie, et éventuellement aux abords (plus facile si toit plat) (ici 32 m² ; les pompes à chaleur en cascades, silencieux et réservoirs prennent de la place)
- De trouver le matériel adapté (gammes limitées dans ces puissances, attention aux infos constructeur)
- De prendre des mesures significatives en matière d'économie d'énergie
- Eventuellement d'adapter la distribution de chaleur => travaux intrusifs le cas échéant
- De traiter correctement l'acoustique (prises d'air, évacuation, liaisons avec les techniques, isolation du local technique)
- De porter une attention particulière à la question des pertes de charges des ventilateurs (si gainages) et à la question du dégivrage

Remarque : dans le cas présent auraient également pu fonctionner les solutions bois énergie (<70kW) et géothermie sous réserve de place disponible et d'autorisation. Attention chaudière provisoire.



Merci pour votre attention !



Questions / Discussion ouverte





Enquête de satisfaction

Merci de prendre 5 minutes pour compléter notre questionnaire de satisfaction



https://fr.surveymonkey.com/r/CECB_2022



Certificat énergétique cantonal
des bâtiments

Votre aide à la décision