



Etude de faisabilité CAD

Démarche et exemple concret

Cas d'étude du CAD Neyruz (FR)



This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No. 952873.

Etude de faisabilité CAD – Neyruz

Contexte du cas d'étude

- Commune de 2'700 habitants dans le canton de Fribourg
- Altitude 670 m
- Nouveau quartier abritant logements, commerces et services, et équipé d'un microgrid PV
- Plusieurs autres projets immobilier planifiés
- CAD Bois / Mazout existant de 2 GWh avec projet d'extension vers nouveaux bâtiments



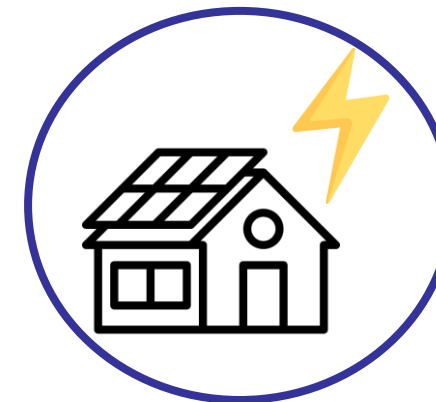
Problématiques réseau de chaleur / microgrid

Réseau de chaleur



- ❗ Nécessité de remplacer la chaudière bois actuelle car ancienne et sera bientôt plus aux normes (émissions de particules)
- ❗ Extension du réseau dans les années à venir → augmentation des besoins
- ❗ Part fossile encore élevée
- ❗ Nouveau local prévu pour la chaufferie

Microgrid



- ❗ Production photovoltaïque importante
- ❗ Pas assez d'autoconsommation
- ❗ Conditions de revente de l'électricité défavorables

Etude de faisabilité CAD – Neyruz

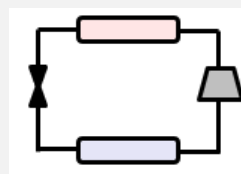
Problématiques réseau de chaleur / microgrid

Réseau de chaleur



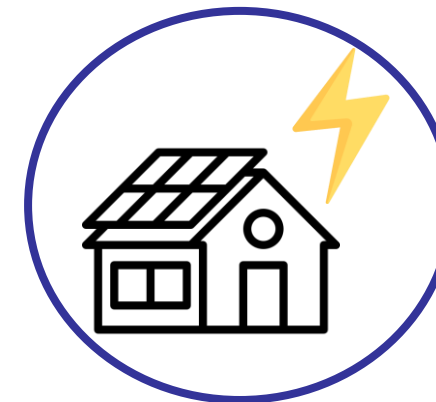
- ❗ Nécessité de remplacer la chaudière actuelle car ancienne et sera bien au-dessus des normes (émissions de particules)
- ❗ Extension du réseau dans les années à venir → augmentation des besoins
- ❗ Part fossile encore élevée
- ❗ Nouveau local prévu pour la chaufferie

Solution: Couplage des réseaux avec une pompe à chaleur



- Augmenter l'autoconsommation du microgrid
- Maitriser le coût de l'électricité de la PAC
- Augmenter la part ENR du réseau de chaleur (environnement + PV/solaire)
- Répondre aux futurs besoins de chaleur

Microgrid



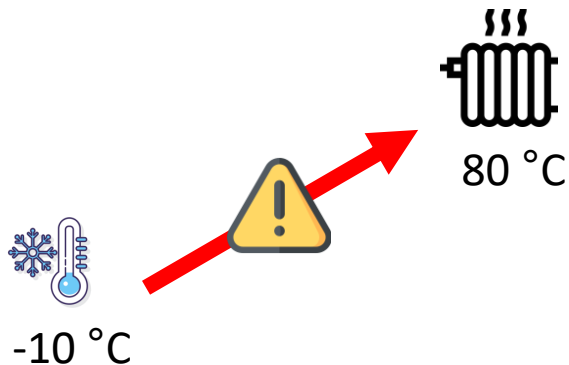
- Production photovoltaïque importante
- Installation d'une batterie pour découpler la production de l'ensoleillement
- Augmenter l'autoconsommation
- Conditions de revente de l'électricité défavorables

Etude de faisabilité CAD – Neyruz

Contrainte n° 1 : source de chaleur pour la PAC

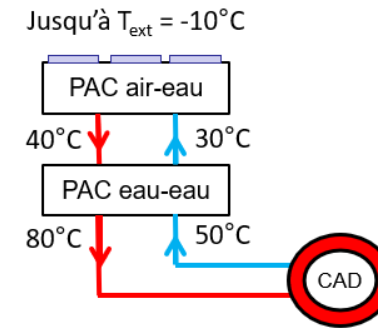
Problèmes pour l'utilisation d'une PAC:

- Pas de sources disponibles pour une PAC eau-eau
 - ✗ Nappe phréatique
 - ✗ Sondes géothermiques
 - ✗ Rivière, lac
 - ✗ Rejet de chaleur
 - ✓ Air → PAC air-eau
- Niveau de température trop élevé pour PAC air-eau

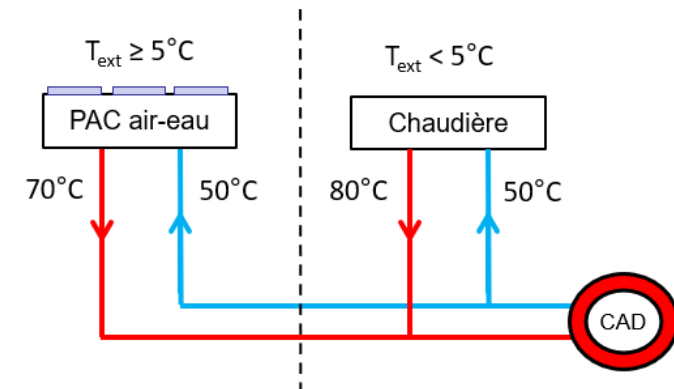


Solutions techniques:

1. Deux PAC en cascade air-eau / eau-eau



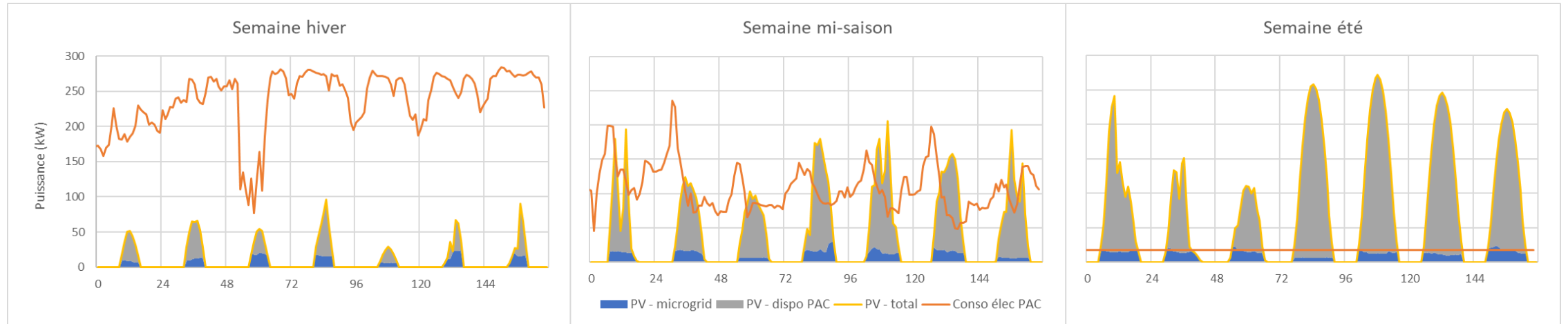
2. Limiter utilisation PAC air-eau jusqu'à 5 °C, puis alternative (ch. bois ou gazéification)



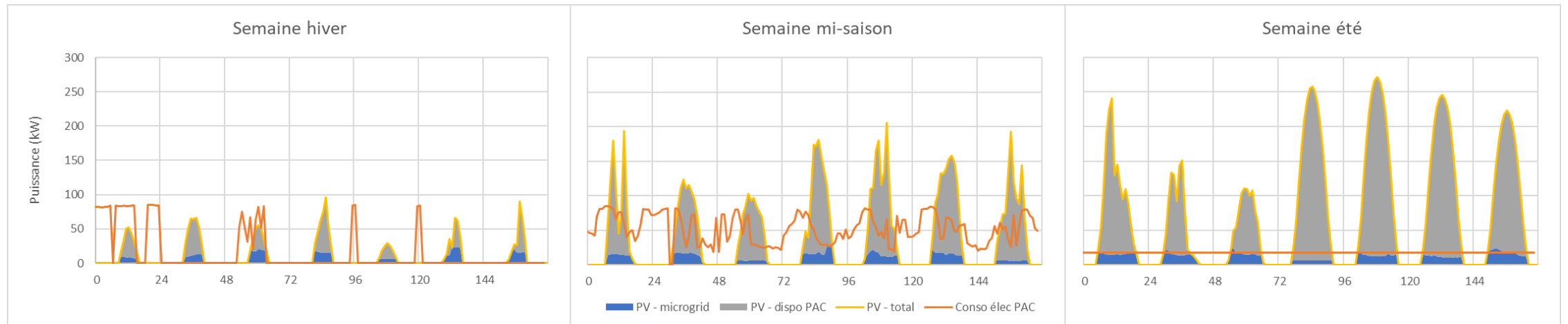
Etude de faisabilité CAD – Neyruz

Besoins chaleur vs. production PV

1. Deux PAC en cascade air-eau / eau-eau



2. PAC air-eau jusqu'à 5°C



Etude de faisabilité CAD – Neyruz

Besoins chaleur vs. production PV

		Deux PAC en cascade	PAC air-eau (> 5°)
Production PV	MWh	390	390
PV → Microgrid	MWh	54	54
PV → PAC	MWh	149	100
PV → Réseau	MWh	188	237
Conso microgrid	MWh	119	119
Conso élec. PAC	MWh	909	310
Autoconsommation (sans PAC)		14 %	14 %
Autoconsommation (avec PAC)		52 %	39 %
PAC – Part PV		16 %	32 %

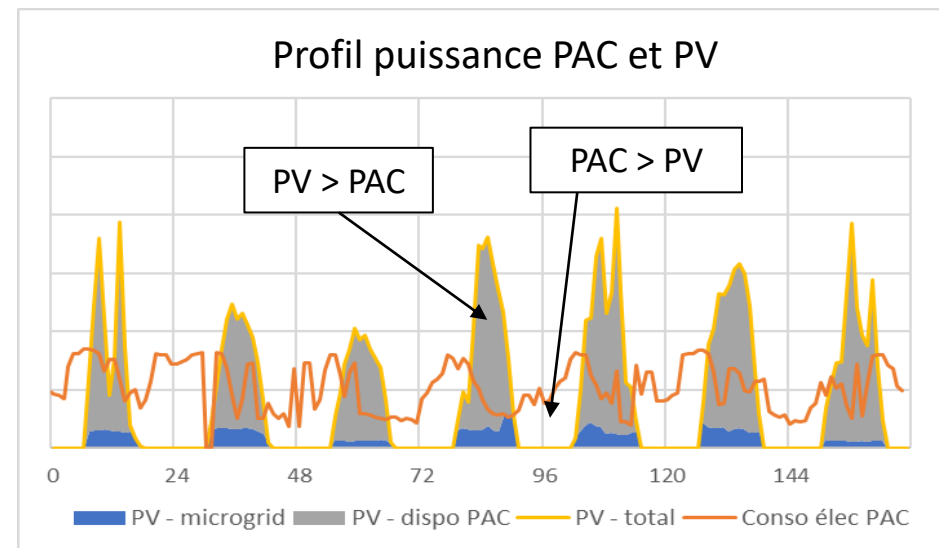
- Deux PAC en cascade air-eau / eau-eau → maximise autoconsommation PV
- PAC air-eau jusqu'à 5°C → maximise part PV de la PAC

Etude de faisabilité CAD – Neyruz

Contrainte n° 2 : Décalage PV / Besoins chaleur

■ Problème

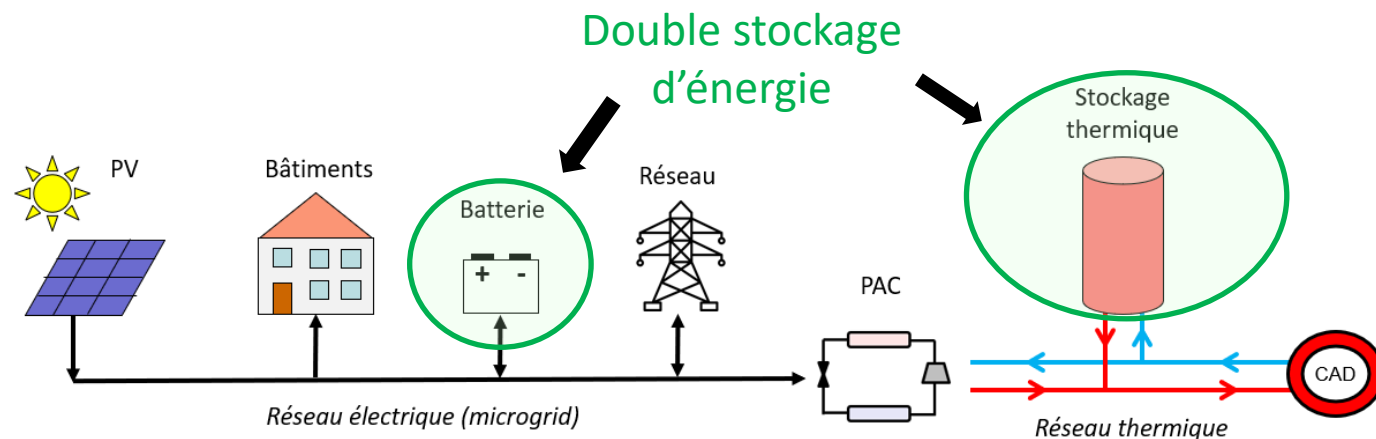
Décalage entre besoins chaleur et production PV (besoins en chauffage plus élevé quand il y a peu d'ensoleillement)



■ Solution

Double stockage d'énergie sur réseau électrique (batterie) et réseau thermique (ballon d'eau chaude)

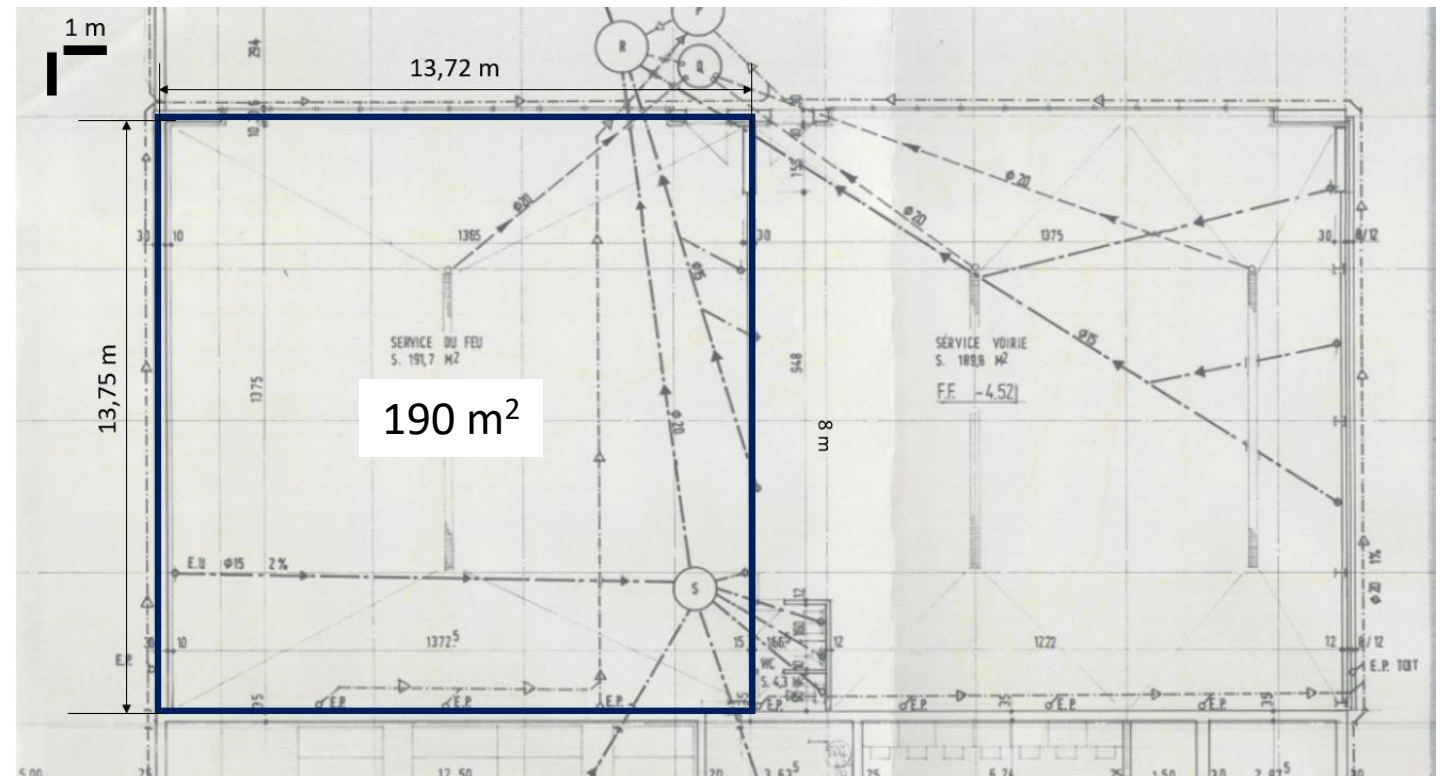
- ➔ Plus de capacité de stockage
- ➔ Plus de flexibilité dans la gestion du système



Etude de faisabilité CAD – Neyruz

Contrainte n° 3 : place disponible

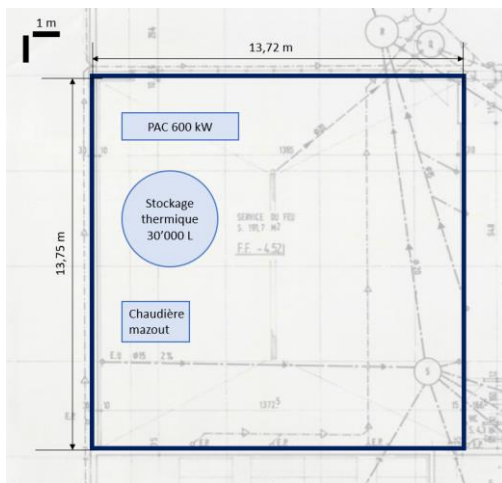
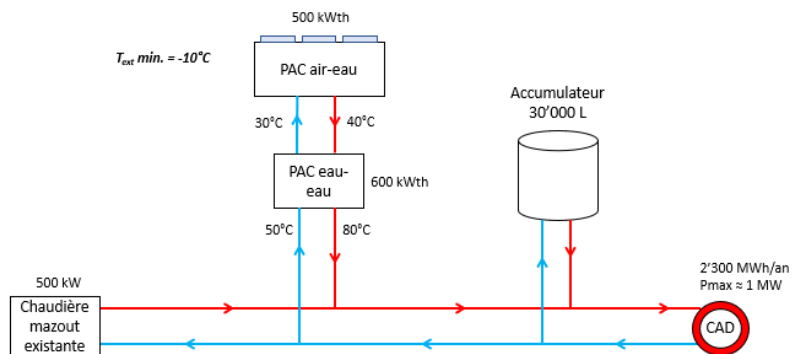
- Nouveau local prévu pour la chaufferie (reconversion caserne de pompiers) → 190 m²
 - Surface limité dans la chaufferie et à l'extérieur (pour stockage bois, aéro pour PAC)
 - Contraintes pour le voisinage (bruit et impact visuel des aéro)
- ➔ Prise en compte de la place dans la chaufferie pour dimensionnement des éléments



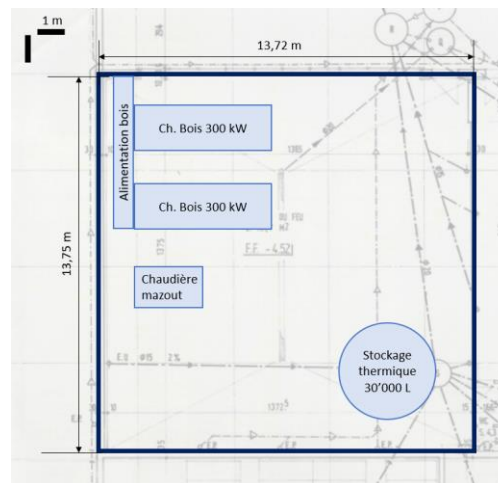
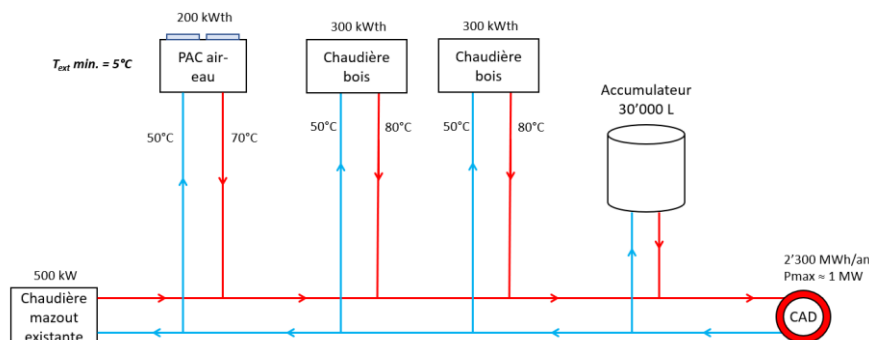
Etude de faisabilité CAD – Neyruz

Scénarios étudiés

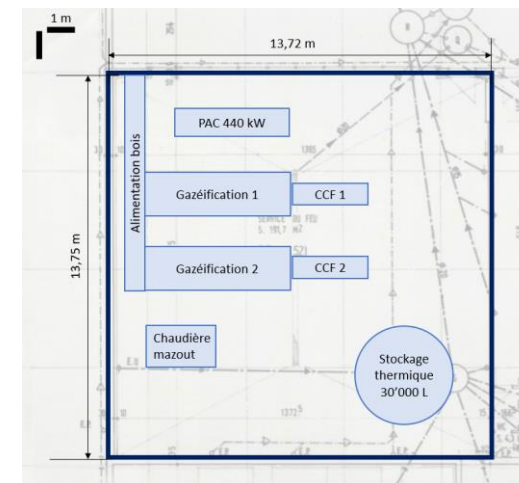
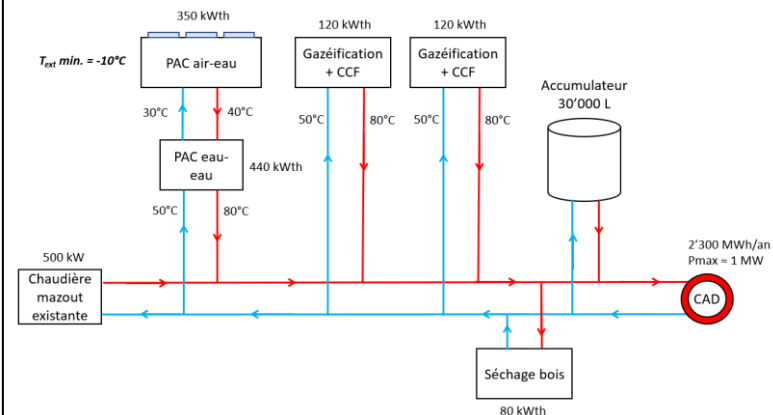
Scénario 1 : PAC air-eau / PAC eau-eau en cascade
Appoint/secours mazout (ch. existante)
Stockage thermique 30 m³



Scénario 2 : PAC air-eau jusqu'à 5°C + 2 chaudières bois
Appoint/secours mazout (ch. existante)
Stockage thermique 30 m³



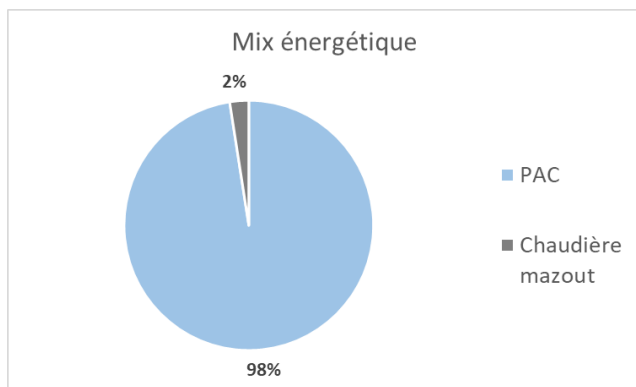
Scénario 3 : PAC air-eau / PAC eau-eau en cascade + 2 x gazéification bois
Appoint/secours mazout (ch. existante)
Stockage thermique 30 m³



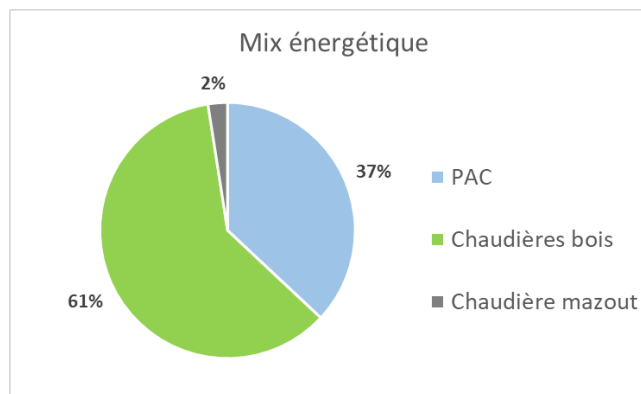
Etude de faisabilité CAD – Neyruz

Résultat simulations

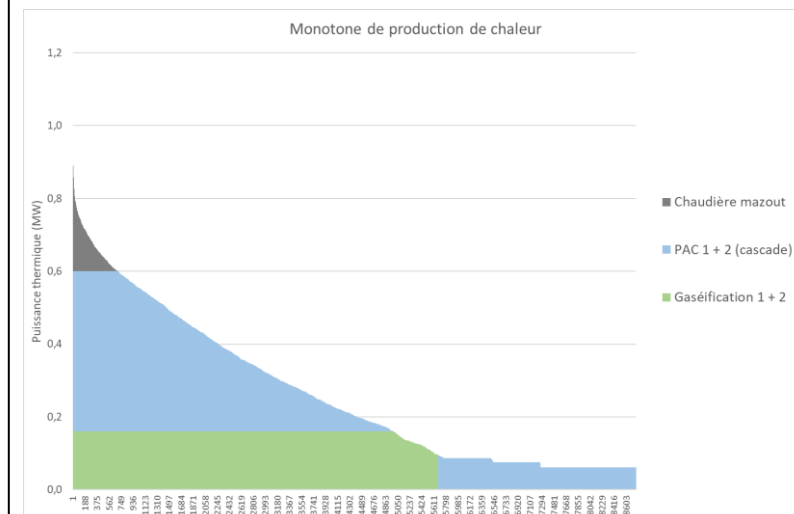
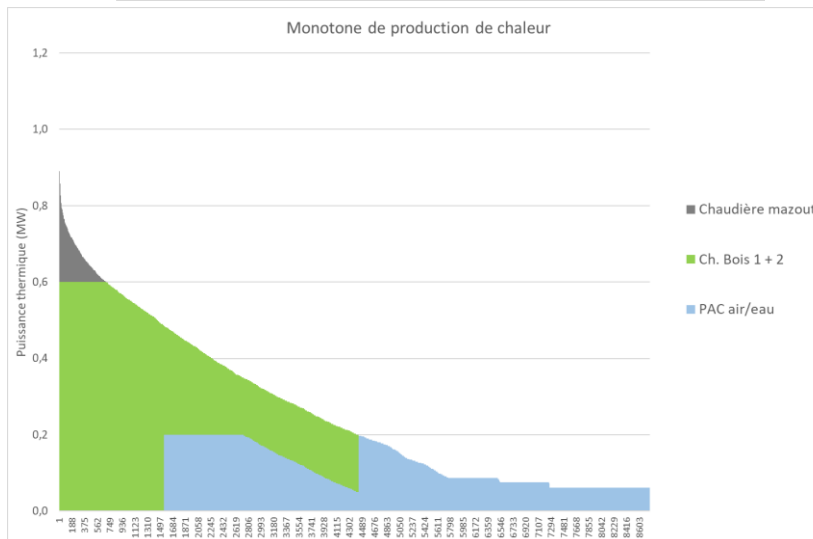
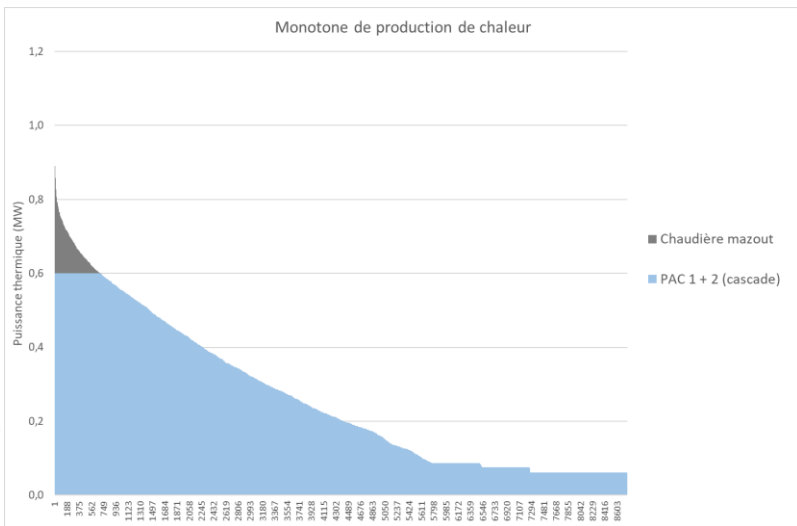
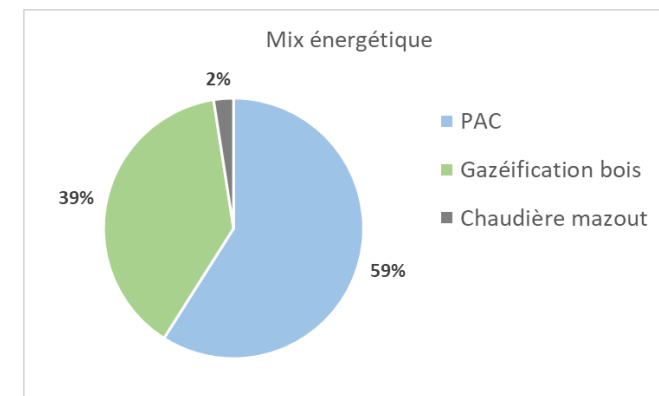
Scénario 1 : PAC air-eau / PAC eau-eau en cascade
Appoint/secours mazout (ch. existante)
Stockage thermique 30 m³



Scénario 2 : PAC air-eau jusqu'à 5°C + 2 chaudières bois
Appoint/secours mazout (ch. existante)
Stockage thermique 30 m³



Scénario 3 : PAC air-eau / PAC eau-eau en cascade + 2 x gazéification bois
Appoint/secours mazout (ch. existante)
Stockage thermique 30 m³



Etude de faisabilité CAD – Neyruz

Comparaison économique des scénarios

- 98 % renouvelable car chaudière mazout déjà existante
- Scénario 2 le plus intéressant économiquement

Scénario		1) PAC	2) PAC + ch. bois	3) PAC + gazéif.	
Taux ENR*		98 %	98 %	98 %	
Elec. PV → PAC (% prod. PV / % conso. PAC)	MWh/an	149 (38 % / 16 %)	100 (26 % / 32 %)	47 (12 % / 9 %)	
Investissement		CHF	1'642'410	1'429'428	2'327'325
Coût production de chaleur	cts/kWh	12,0	8,4	11,2	
<i>dont énergie</i>	cts/kWh	5,7	2,5	1,6**	
<i>dont maintenance</i>	cts/kWh	1,4	1,9	3,0	
<i>dont amortissement</i>	cts/kWh	4,8	4,0	6,5	

* En supposant que l'électricité est d'origine renouvelable

** Après déduction vente surplus électricité CCF

Conclusion

- Pompe à chaleur offre une synergie entre microgrid et réseau thermique afin
 - d'augmenter l'autoconsommation du PV
 - diminuer le coût d'achat d'électricité de la PAC
 - d'assurer un coût plus stable de la chaleur
 - d'avoir un double stockage d'énergie pour plus de flexibilité (batterie sur le microgrid et stockage thermique sur le réseau thermique)
- Si pas de source pour une PAC eau-eau, plusieurs solutions techniques sont possibles pour une PAC air-eau afin de pouvoir valoriser le PV → la plus avantageuse économiquement est de faire fonctionner la PAC air-eau jusqu'à une température intermédiaire (par ex. 5°C) et d'avoir un autre moyen de production en dessous (par ex. chaudière bois)
- Attention à la place disponible dans la chaufferie → en tenir compte dès l'étude de faisabilité

Cette étude de faisabilité a été réalisée dans le cadre du projet européen RES-DHC sur l'intégration des énergies renouvelables dans les réseaux thermiques.

Auteur : Jean-Loup Robineau

Jean-Loup.Robineau@planair.ch

PLANAIR

Ingénieurs conseils en énergies et environnement

Partenaire de projet Suisse :



Tous les résultats du projets sont disponibles sur [Projets de recherche | Réseaux Thermiques Suisse \(thermische-netze.ch\)](https://projets.de.recherche|ReseauxThermiquesSuisse(thermische-netze.ch))



This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No. 952873.

