

Couplage Photovoltaïque / PAC: Performances, Rendements et Enjeux

Congrès des professionnels romands de la pompe à chaleur
Aquatis Hôtel, Lausanne

11. Juin 2025, MSc Eng. Peter Kurmann

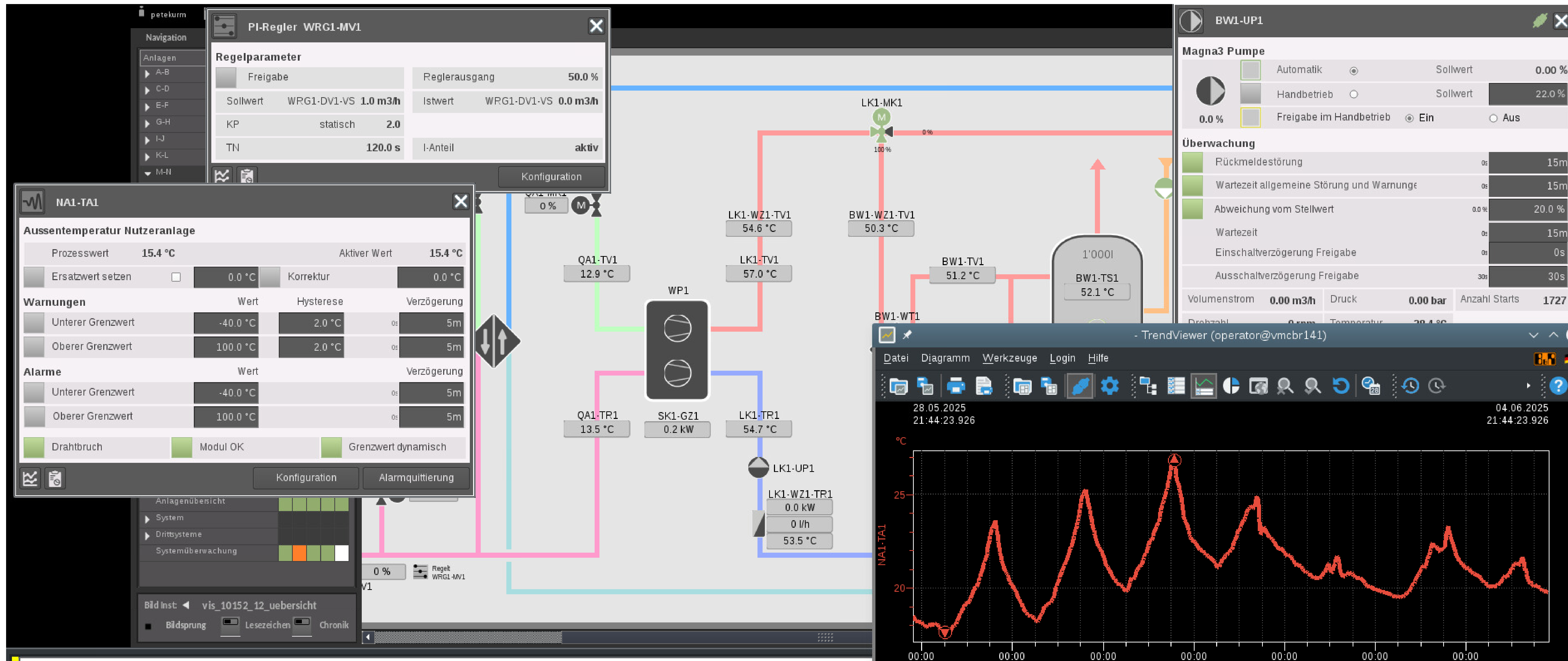
EKZ Contracting

«Who we are – what we do!»



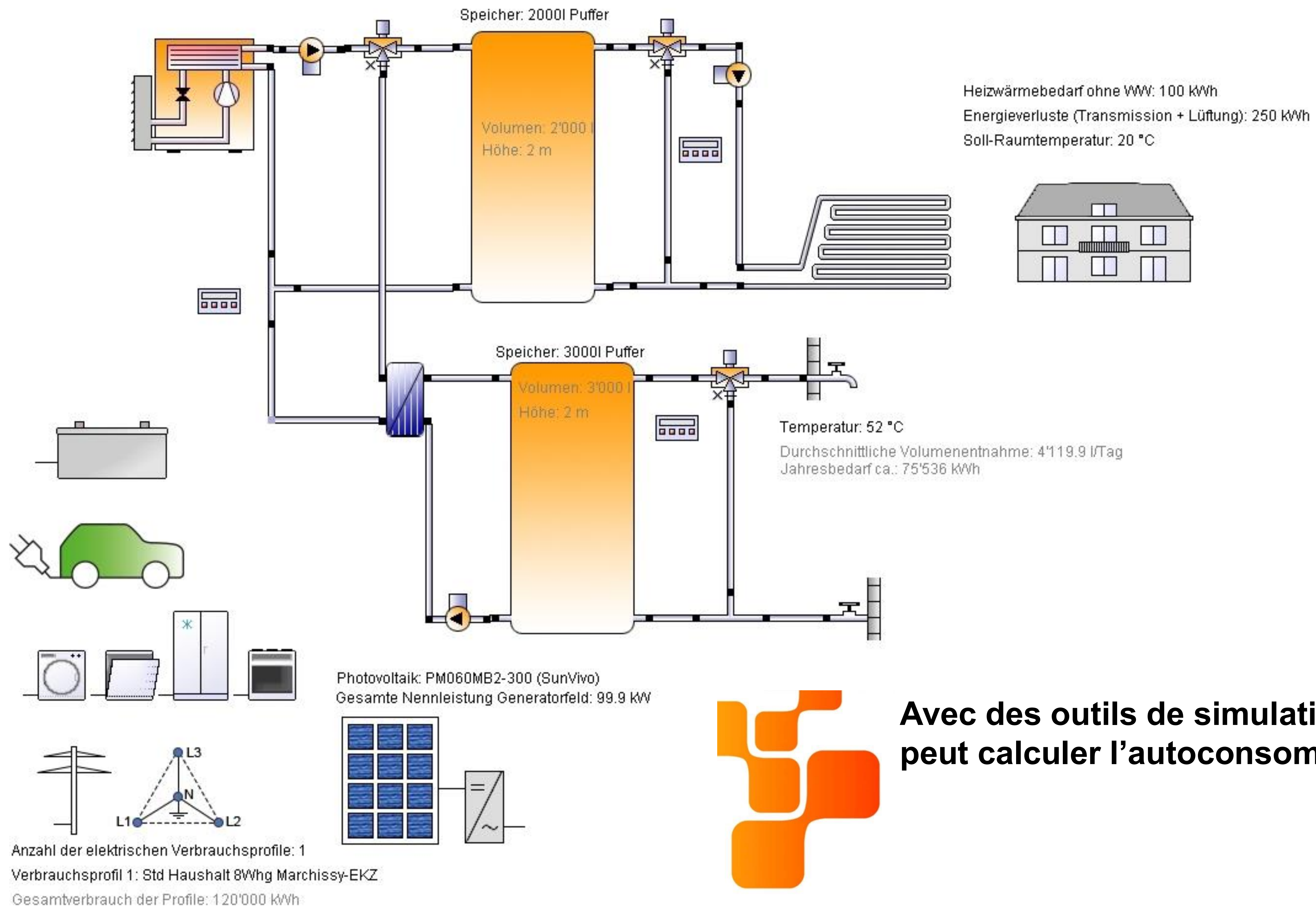
EKZ solutions: POWER TO HEAT

«How we do it!»



- Programmation individuelle
- Surveillance continue de tous les valeurs
- Alarme COP et autres anomalies
- Analyse des données → optimisation continue des installations

EKZ solutions: POWER TO HEAT



EKZ solutions: POWER TO HEAT

IDEE

- Volume de stockage
- Puissance thermique
- Prévisions météorologiques
- Surcharge des accu
- Utilisation des tarifs dynamiques
- Utilisation des batteries

Objectifs

- Economie financier
- Autoconsommation augmentée
- Régulation fiable et efficace
- Production adapté aux besoins
- Solutions innovatives

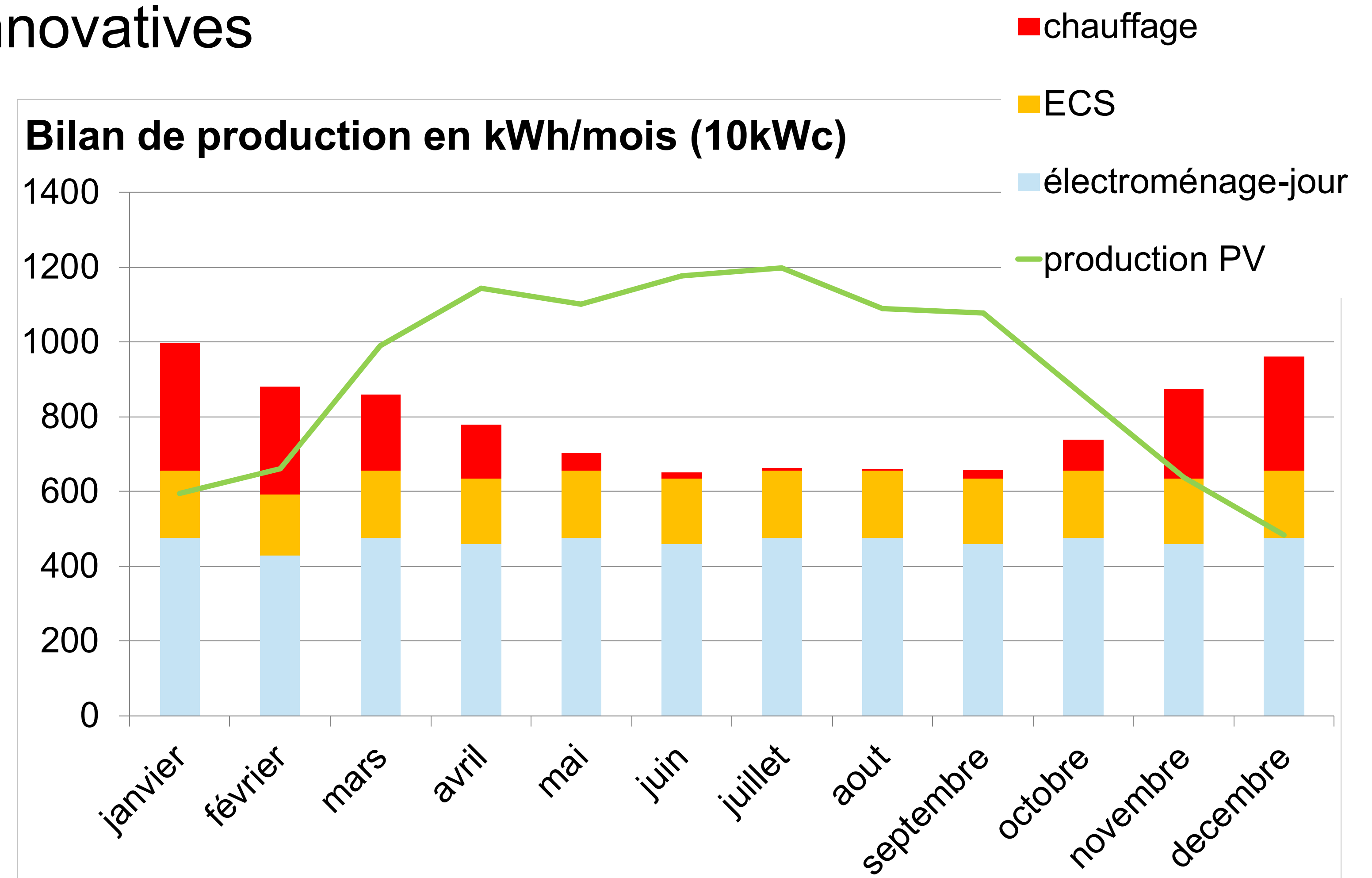
Bases physiques

Potentiel pour stockage (kWh-thermique)
~30kWh/m³ → accu ECS (45 à 70°C)
~12kWh/m³ → accu chauffage (40 à 50°C)

Potentiel pour besoins d'électricité (kWh-électrique)
~10kWh/m³ → accu ECS (COP de 3)
~3kWh/m³ → accu chauffage (COP de 4)
~8.2kWh/jour → Consommation 1 appartement

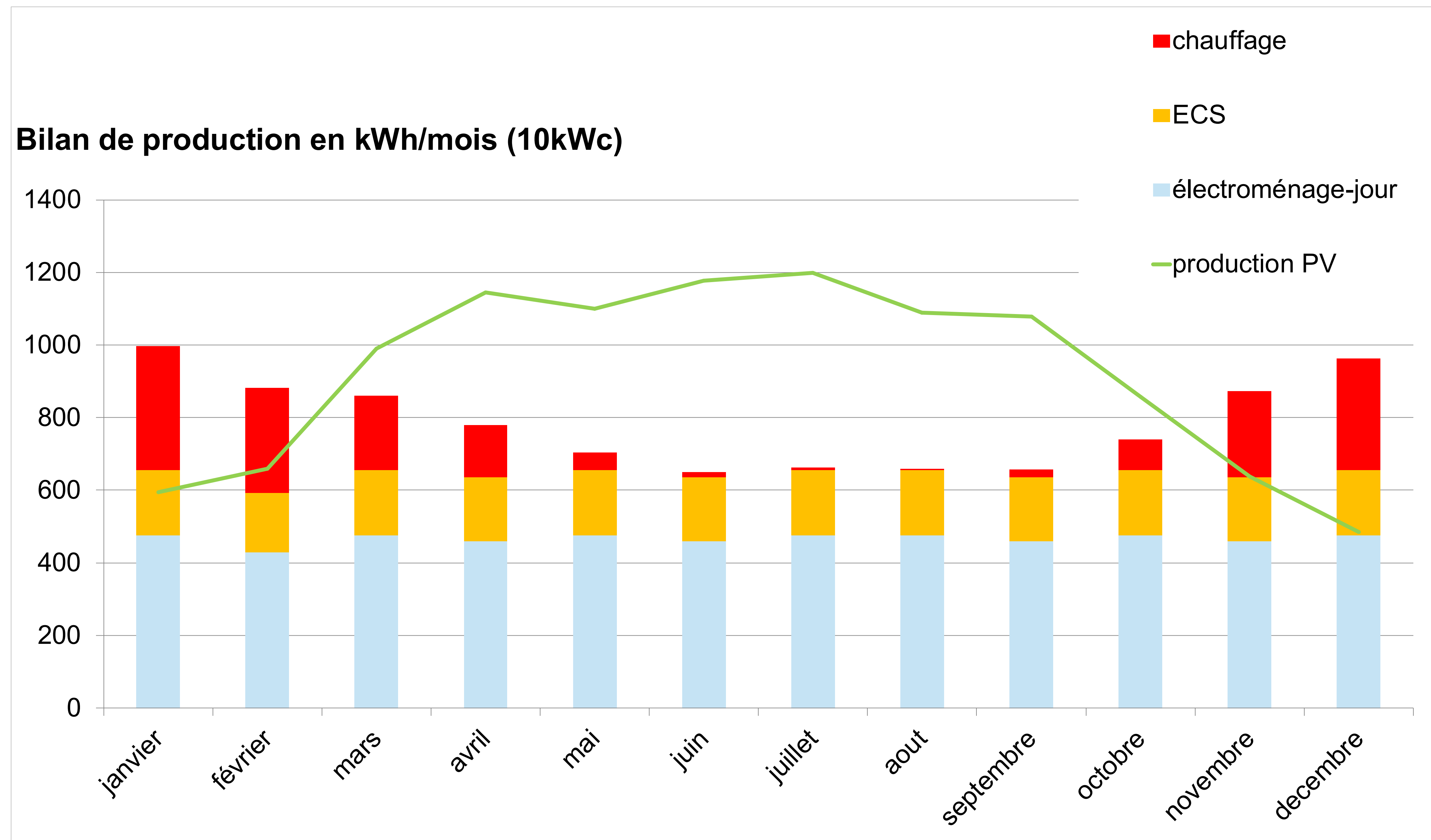
Production PV par kWc

~4-5kWh/jour (été), 1.5-2.5kWh/jour (hiver)



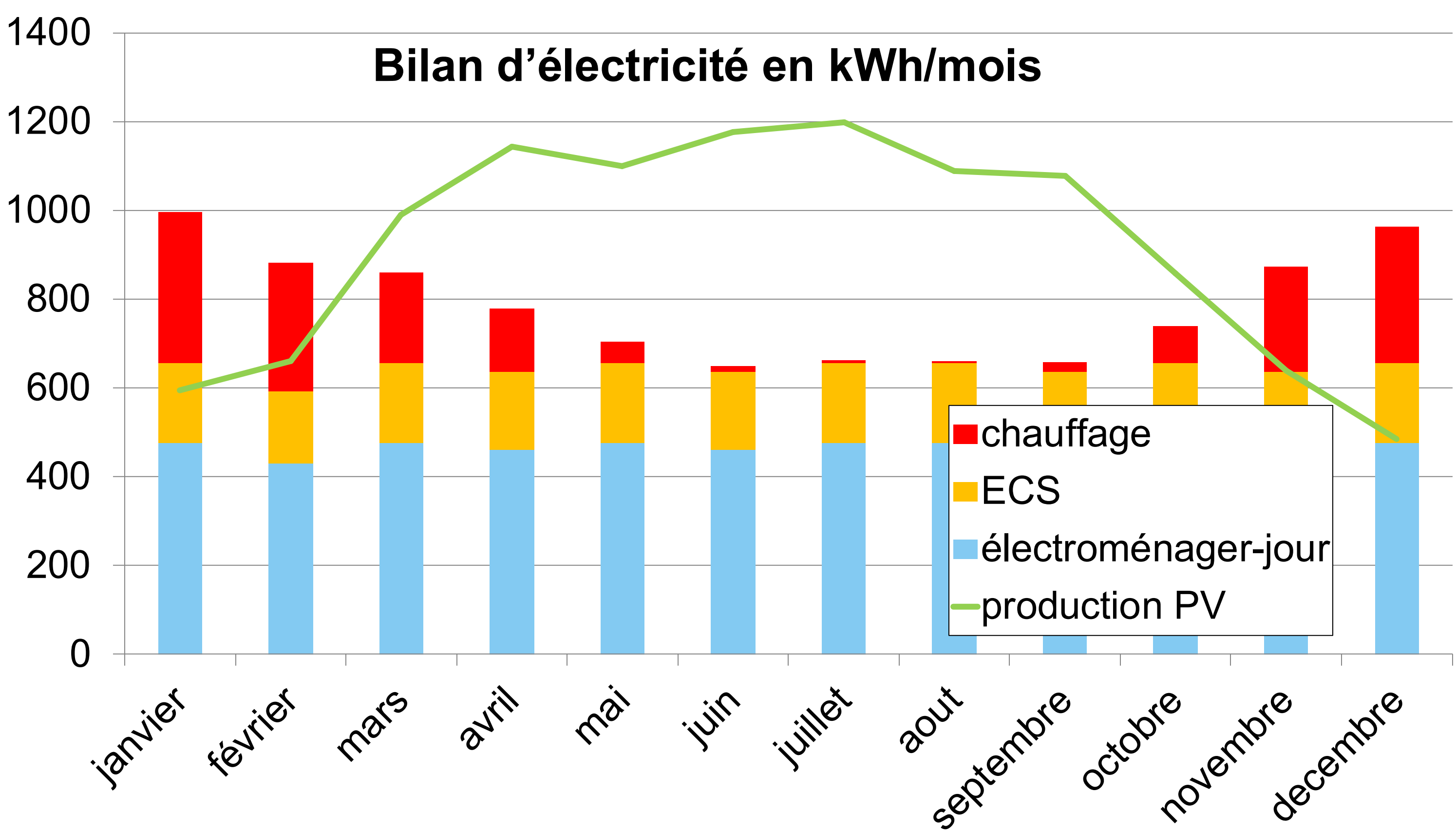
L'autoconsommation dépend principalement du bilan mensuel de consommation électrique. Pour un système de 10 kWc, 50 kWh/jour sont produits un jour d'été ; une charge quotidienne d'ECS + 20 kWh/jour d'électricité domestique représenteraient alors au maximum 40 % de la consommation électrique de la journée.

EKZ solutions: POWER TO HEAT



L'autoconsommation dépend principalement du bilan mensuel de consommation électrique. Pour un système de 10 kWc, 50 kWh/jour sont produits un jour d'été ; une charge quotidienne d'ECS + 20 kWh/jour d'électricité domestique représenteraient alors au maximum 40 % de la consommation électrique de la journée.

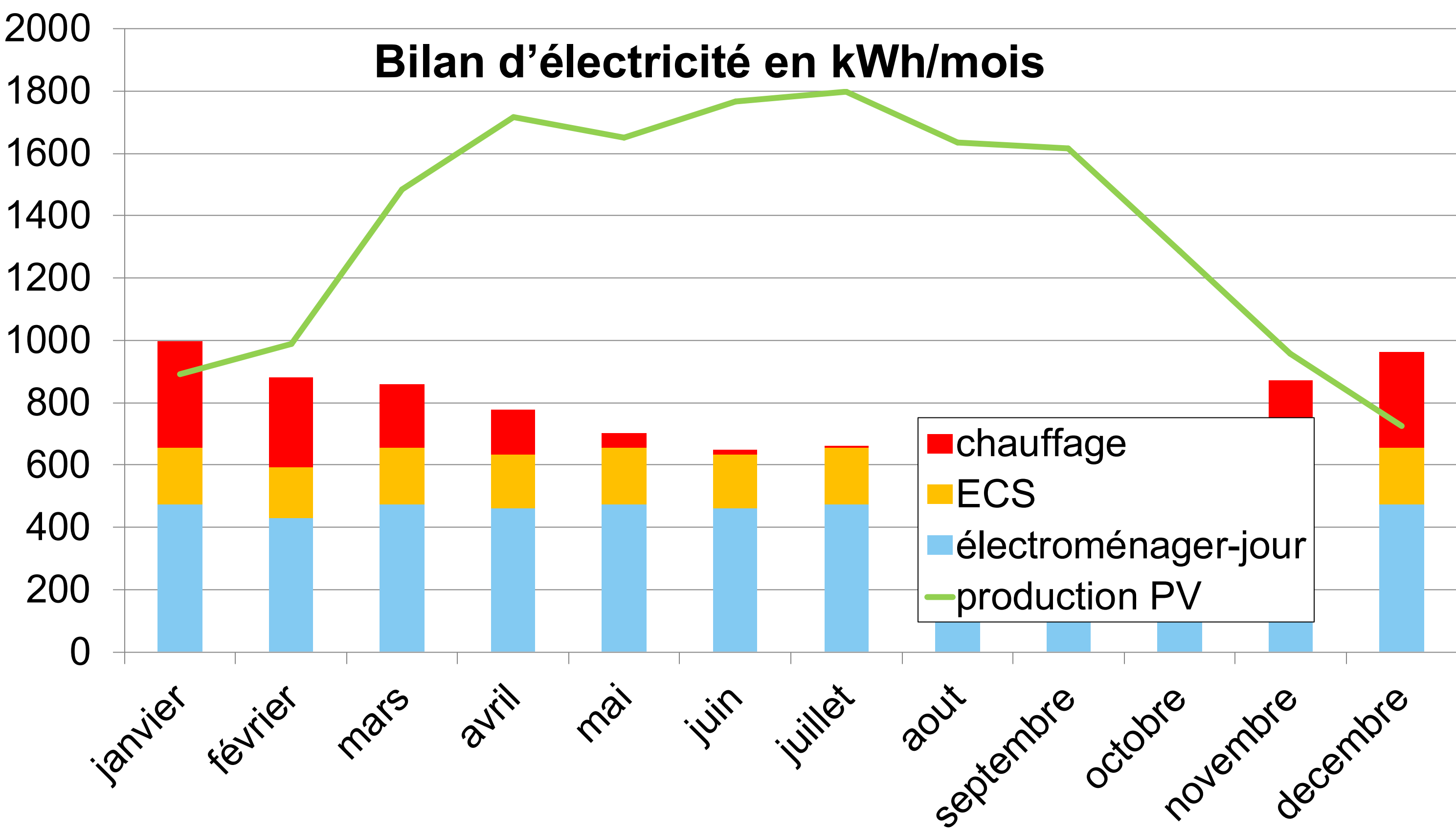
EKZ solutions: POWER TO HEAT



70-75% Autoconsommation

PV = 10kWc, SRE = 1000m², 10 appartements, 28kWh/m²a

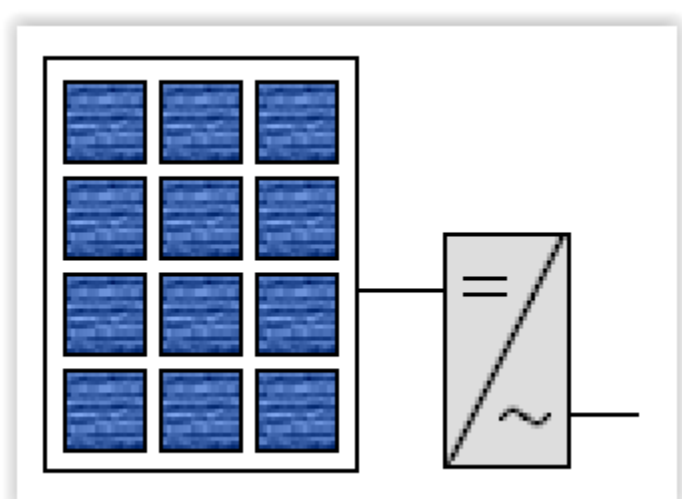
Installation	SRE	PV	Wc/m ²
Epalinges	6070m ²	80kWc	13
Buchillon	505m ²	9kWc	18
Marchissy	1550m ²	26kWc	17
Minergie	1000m ²	10kWc	10
Bern	187m ²	7.4kWc	39



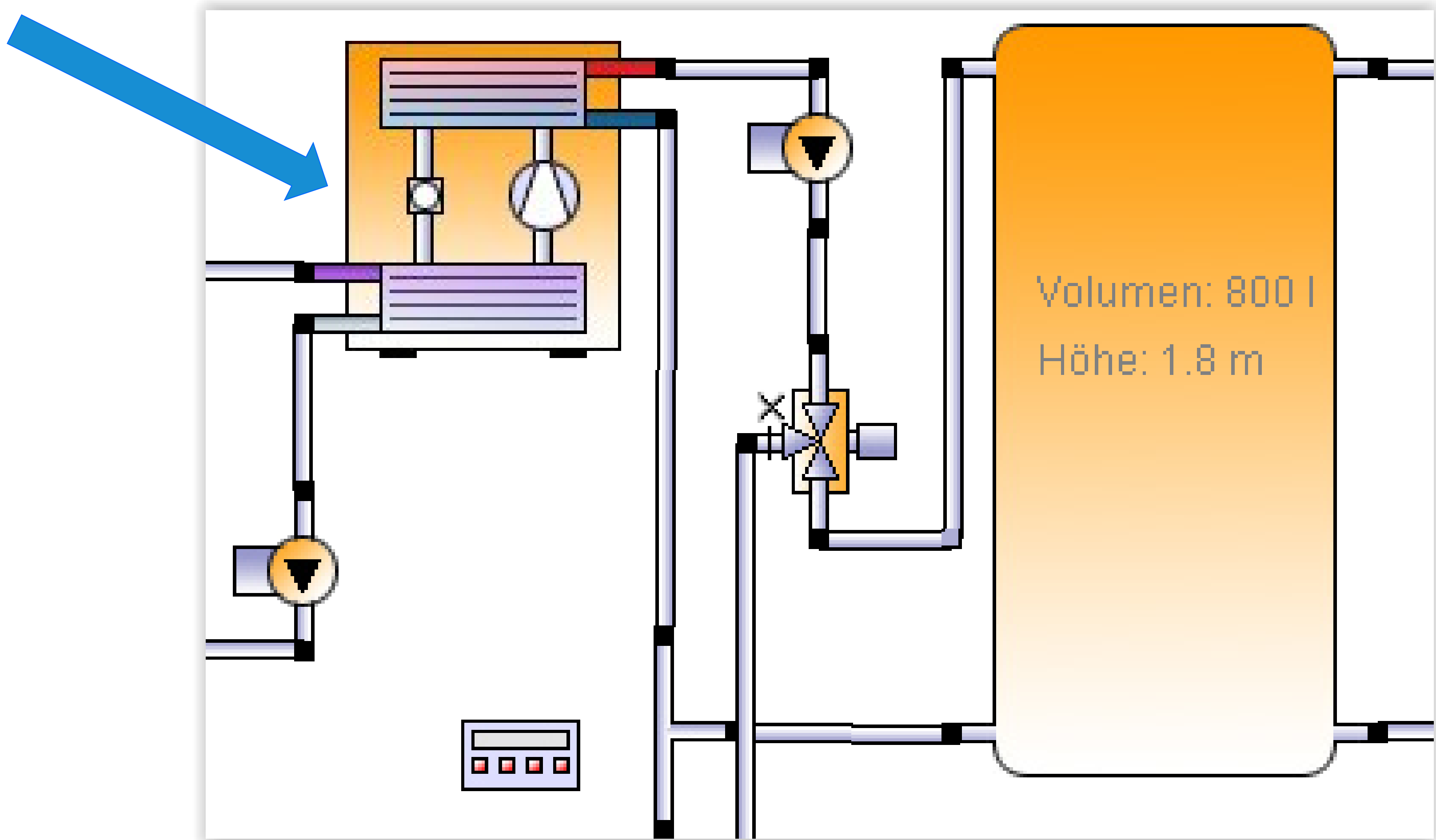
50-55%

PV = 15kWc, idem en haut

EKZ solutions: Surcharger Chauffe-eau, augmentation de volume



- Potentiel de stockage de chaleur (kWh thermique) $\sim 30 \text{ kWh/m}^3 \rightarrow$ Stockage d'ECS (45 à 70 °C)
- Potentiel de consommation d'électricité (kWh électrique avec COP = 3) $\sim 10 \text{ kWh/m}^3$
- Rendement journalier photovoltaïque par kWc $\sim 4\text{-}5 \text{ kWh/jour}$ (été), $1,5\text{-}2 \text{ kWh/jour}$ (hiver)



Resultats

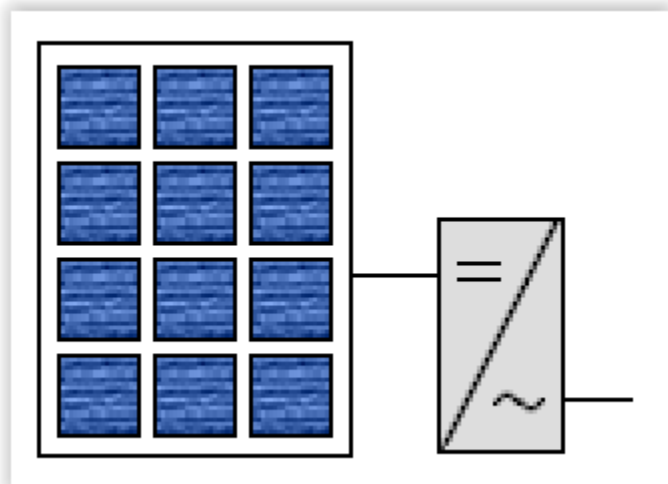
- Autoconsommation +27-30%
- COP moins bon pour 65°C au lieu de 60°C
- La chaleur stockée s'épuise après 1-2 jours déjà
- L'avantage n'apparaît qu'une fois par période de beau-temps ($\sim 20\text{x}$ par année)
- Pertes thermiques plus élevées
- $\rightarrow$ Pour une installation de 100kW, une économie de $\sim \text{CHF } 1'000.-$ en coûts d'électricité
- $\rightarrow$ plus-value pour volume augmenté
- $\rightarrow$ Adaptation des consignes oui, mais l'augmentation de volume seulement si amortissable à court terme

Avantages

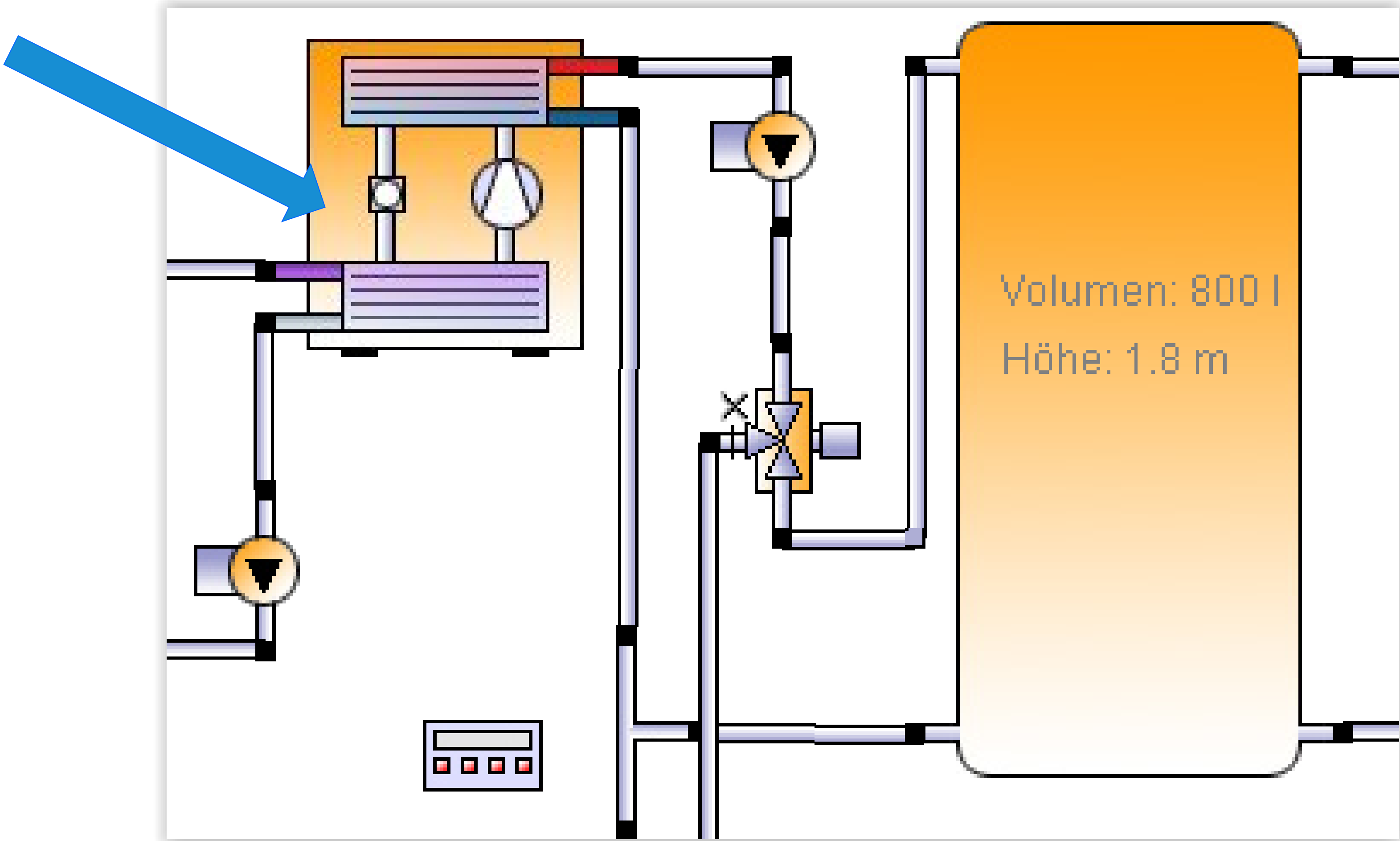
- Surproduction PV peut être stocké en forme de chaleur
- Autoconsommation augmenté!
- Besoins du réseau réduites
- Economie financier

	Autoconso [kWh]	Autoconso [%]	Tarif pleine [kWh]	Tarif creuse [kWh]	Déficit d'énergie [kWh]	Coûts d'électricité [CHF/an]
1: Reference	15'098	Ref	16'254	24'307	10'619	7'044
2: 3000l	19'299	+24%	13'974	5'327	10'893	6'400
3: 3500l	19'081	+25%	13'788	5'299	10'984	6'334
4: 4000l	18'919	+26%	13'674	5'247	10'678	6'316
5: 4500l	19'280	+28%	13'904	5'381	10'836	6'167
6: 5000l	19'658	+30%	14'226	5'436	10'837	6'041

EKZ solutions: Surcharge Accu



- Potentiel de stockage de chaleur (kWh thermique) : environ 12 kWh/m³ → accu (40 à 50 °C).
- Potentiel de consommation d'électricité (kWh électrique avec COP = 4) : environ 3 kWh/m³
- Rendement journalier photovoltaïque par kWc : ~4-5 kWh/jour (été), 1,5-2 kWh/jour (hiver).



Resultate

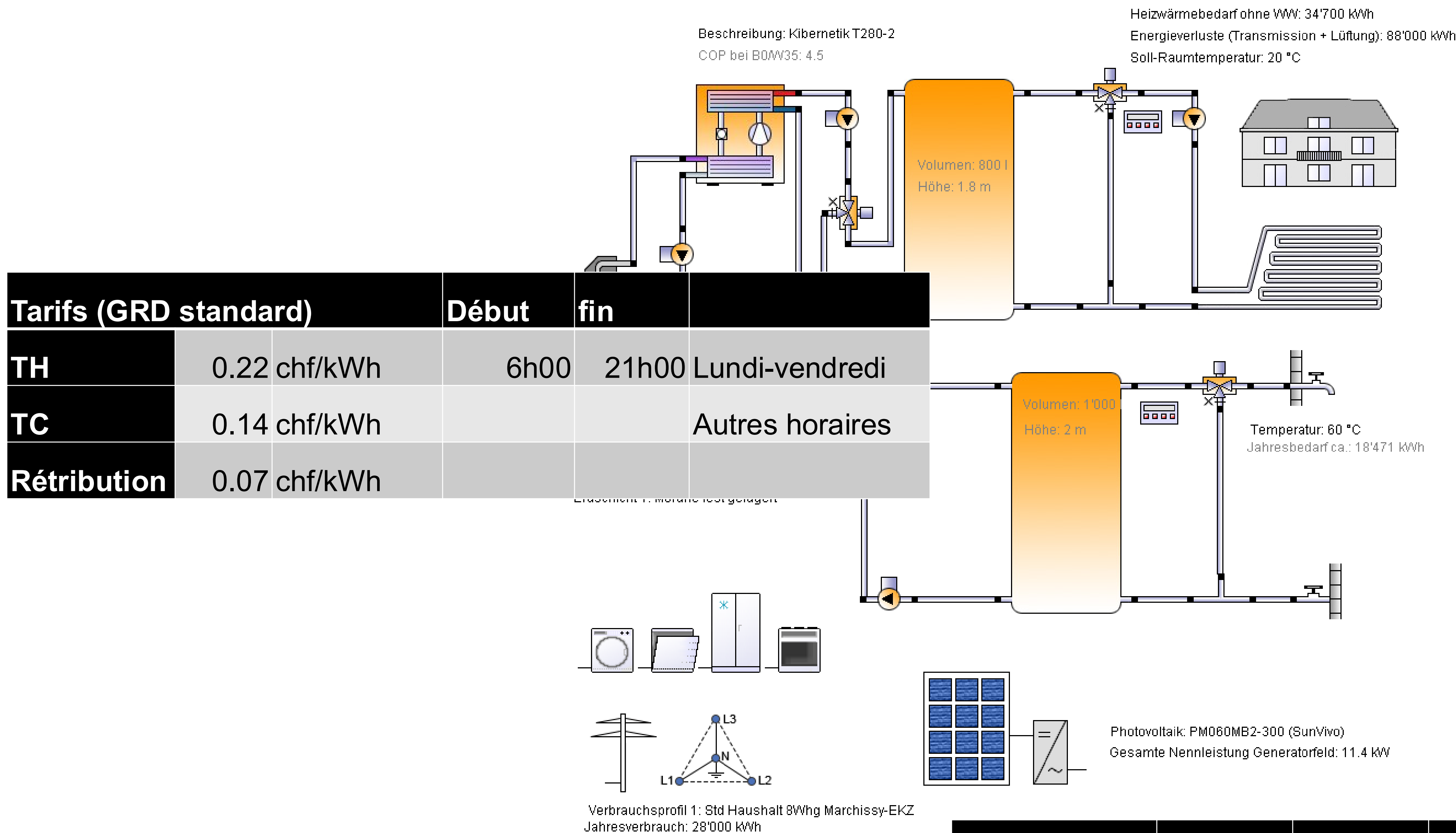
- Autoconsommation +27-48%
- COP réduit pour 50°C au lieu de 40°C
- La chaleur stocké n'est souvent pas utilisé, car pas de besoin en temps de soleil
- Pertes thermiques augmentés
- 15% d'économie sur facture électrique
- Plus-value pour accu plus grand
- plus grand effet en entre-saison!

Avantages

- Surproduction PV peut être stocké en forme de chaleur
- Autoconsommation augmenté!
- Besoins du réseau réduites
- Economie financier

	Autoconso [kWh]	Autoconso [%]	Tarif pleine [kWh]	Tarif creuse [kWh]	Déficit d'énergie [kWh]	Coûts d'électricité [chf/an]
1: Reference	15'098	Ref	16'254	24'307	10'619	7'044
2: 2000l	19'299	+27%	13'974	5'327	10'893	6'200
3: 3000l	20'423	+35%	14'707	5'718	10'280	6'054
4: 4000l	21'283	+41%	15'283	6'002	10'585	6'008
5: 5000l	21'914	+45%	15'821	6'097	10'973	5'928
6: 6000l	22'360	+48%	16'058	6'304	10'433	5'868

EKZ Solutions: tarifs électrique



Resultats

- Surveiller le déficit énergétique
- Consommation électrique globale plus élevée
- Les économies dépendent des différences tarifaires
- Aucun avantage avec des volumes plus importants
- Moins d'autoconsommation !
 - Si l'installation photovoltaïque est sous-dimensionnée ou inexistante, cette optimisation doit être réalisée.
 - Prendre en compte le confort lors de la définition des valeurs cibles

avantages

- Surcharge du stockage en heures creuses, sous-charge en heures pleines
- Autoconsommation réduite !
- Consommation réseau accrue
- Réduction des coûts

	Autoconso [kWh]	Autoconso [%]	PAC tarif haute [kWh]	PAC tarif creuse [kWh]	Déficit d'énergie [kWh]	Couts d'électricité [chf/Jahr]
1: Reference	15'098	Ref5	16'254	24'307	10'619	7'044
2: 2000-3000l	16'865	11%	10'573	28'577	9'721	6'385
3: 2000-5000l	16'873	11%	10'371	28'805	9'914	6'372
4: 6000-3000l	18'520	22%	7'843	30'626	7'817	6'067

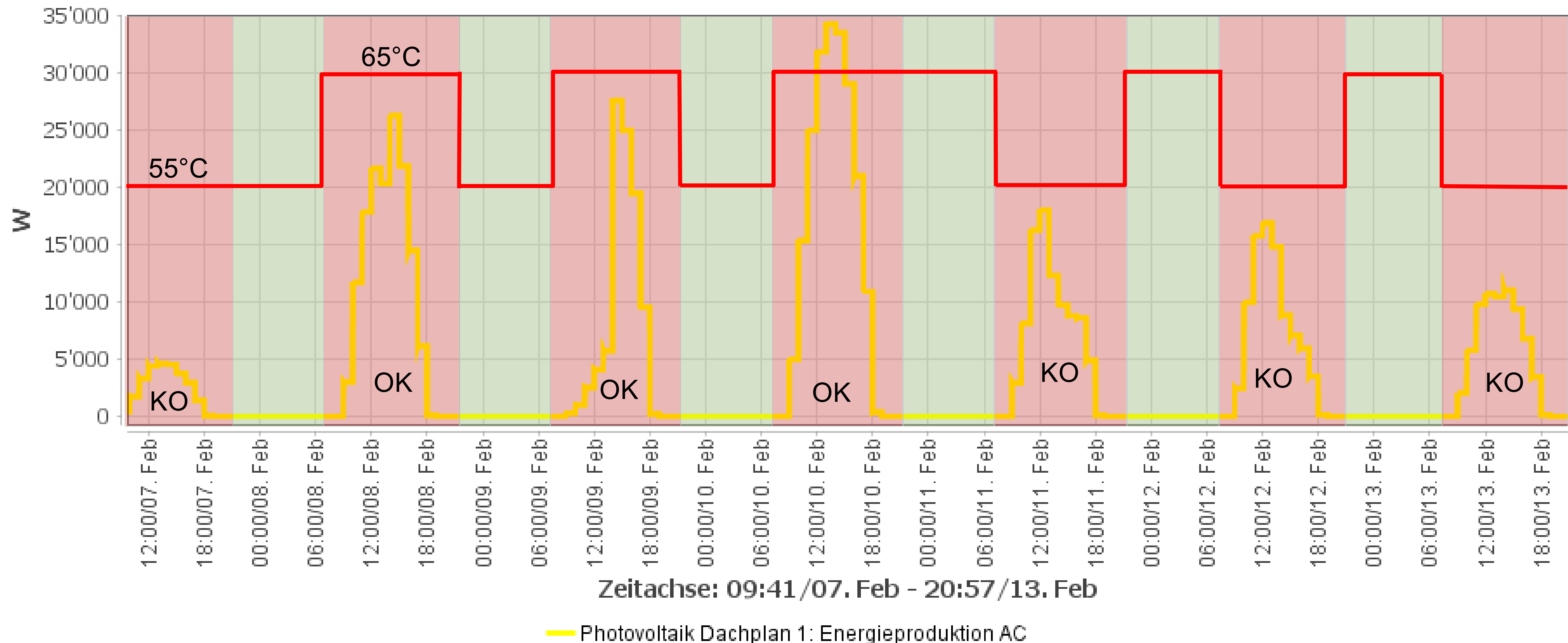
EKZ solutions: prévision météorologiques

HT NT

Prognose OK ou KO?

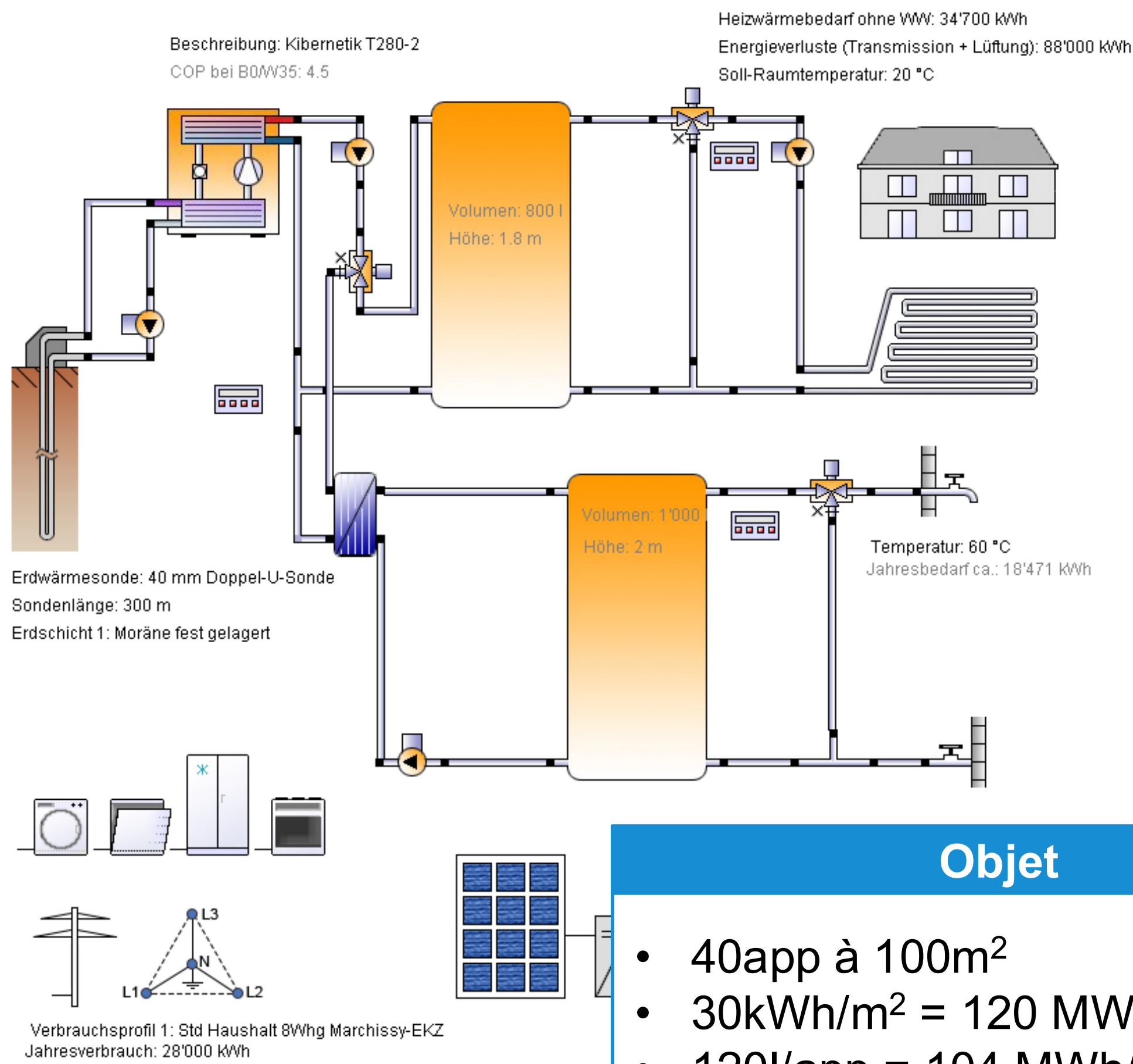
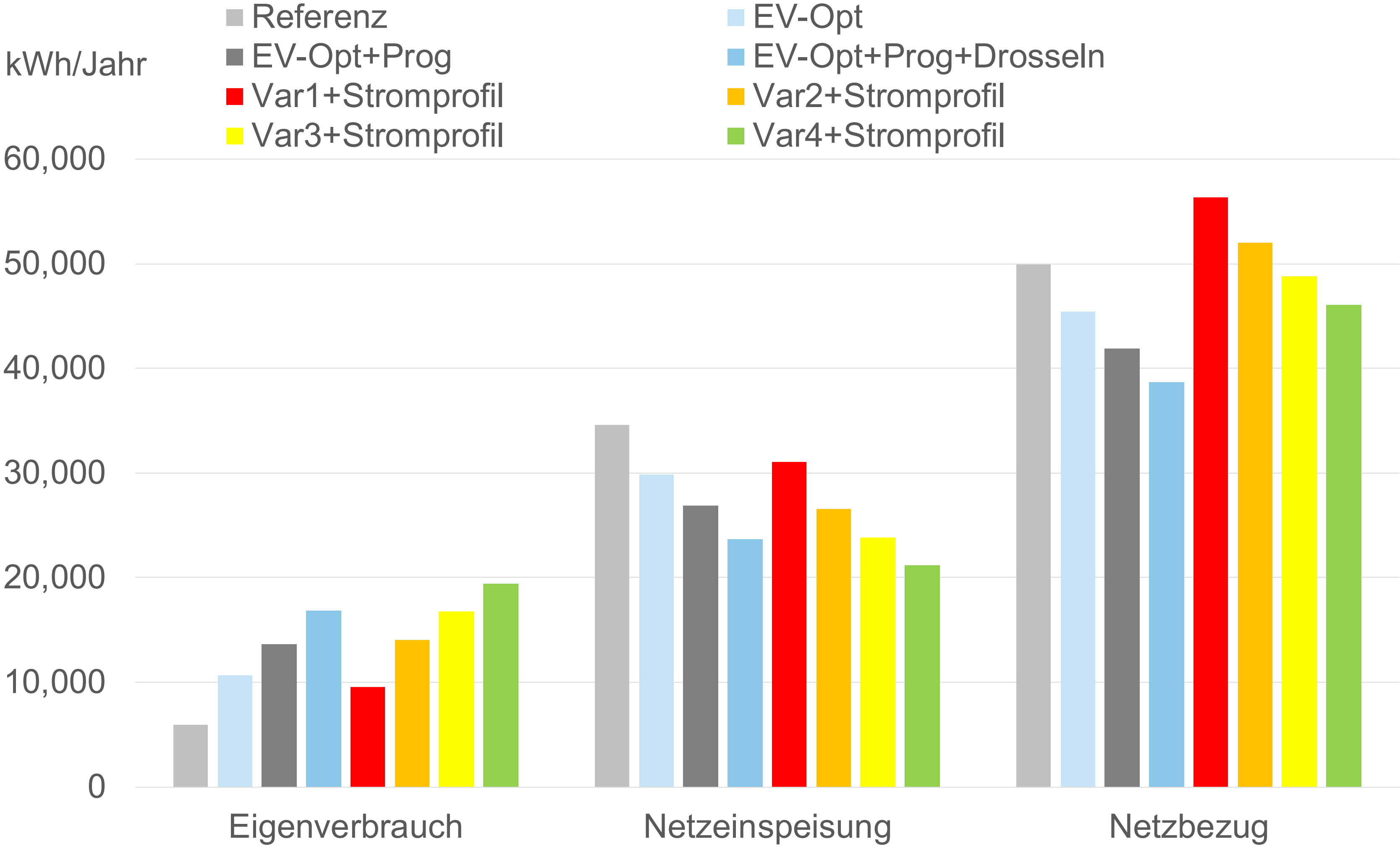
consigne sonde Chauffe-eau → Charge ECS

Projekt Projekt - PV-EV-Opt + Prognose + Profil + Drosseln



La PAC s'active quand la prévision 15min ainsi que la production réelle dépasse les besoins du compresseur

EKZ solutions: Installation PAC avec profil de consommation standard



Objet

- 40app à 100m²
- 30kWh/m² = 120 MWh/a
- 120l/app = 104 MWh/a
- 10Wc/m² = 40kWp (~40MWh/a)
- Profil standard 3'500kWh/app
- PAC de 100kW

Résultat

La demande d'électricité des ménages entraîne une part plus faible d'autoconsommation pour le système de pompe à chaleur → Le raccordement des panneaux PV permet de réduire la facture d'électricité pour toute l'immeuble

	Autoconso [kWh]	Autoconso [%]	PAC tarif haut [kWh]	PAC tarif creuse [kWh]	PAC Tarif autoco [kWh]	Coûts d'électricité [chf/année]
1. Reference avec MCR standard	5'977	14.7%	25'977	23'949	5'981	9'154
2. Optimisation Autoconsommation	10'690	26.3%	10'641	34'771	10'995	7'274
3. Var2 + Prévisions météorologiques	12'791	31.5%	12'390	30'530	12'796	7'064
4. Var3 + Modulation de la puissance	15'220	37.5%	10'956	29'519	15'224	6'603
5. Var1 + Consommation ménages	35'029	86.3%	26'915	24'379	4'614	9'423
6. Var2 + Consommation ménages	36'089	88.9%	13'903	37'943	4'164	8'447
7. Var3 + Consommation ménages	36'493	89.9%	16'410	33'413	5'726	8'365
8. Var4 + Consommation ménages	36'992	91.1%	16'251	33'237	6'062	8'304

Contradictions :

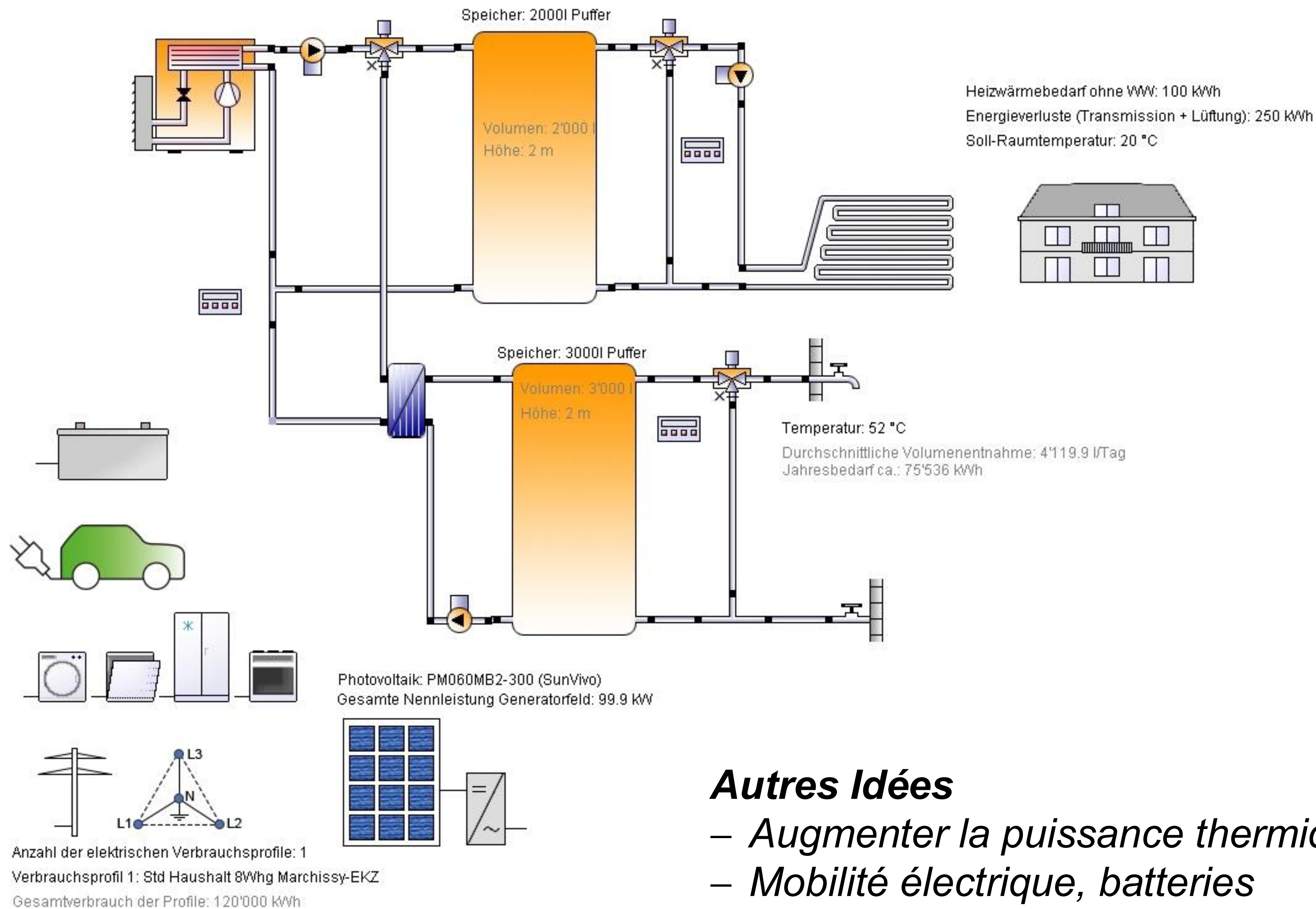
- Plus d'autoconsommation = moins de tarif de rachat
- Plus de tarif heures creuses = moins de confort
- Optimisation = consommation d'électricité toujours croissante pour les pompes à chaleur
- Volumes plus importants = pertes thermiques plus importantes
- Qui profite de l'énergie photovoltaïque : les communs, les appartements, les Teslas, les PACs?

Conditions d'optimisation :

- La stratégie tarifaire heures creuses repose sur la perte de confort
- Des volumes de stockages plus importants nécessitent des investissements plus importants
- Récompense-t-on une autoconsommation élevée avec des tarifs d'électricité plus intéressants?
- Réductions de coûts uniquement en cas d'écart important entre les tarifs hauts et creuses

Outils pour l'optimisation d'autoconsommation

- Modèle Polysun évolutif pour des évaluations rapides
- Outils Excel pour les analyses préliminaires
- Conception de base qui permet l'optimisation
- Création d'un profil de consommation d'électricité
- Création d'un profil tarifaire
- Analyse des coûts, simulations comparatives



Autres Idées

- Augmenter la puissance thermique (investissement plus important)
- Mobilité électrique, batteries
- Relais avec seuil de puissance PV
- Gestion centralisée du bâtiment pour une utilisation optimale des véhicules électriques
- Chaque appartement équipé de plusieurs « prises électriques solaires » qui ne fonctionneront qu'en cas de surplus d'électricité.
- Sensibilisation des résidents

Liens utiles

[Chaleur ambiante](#), OFEN (explications et cas d'exemples d'installations PAC)

[Manuel «Optimiser l'autoconsommation du courant photovoltaïque» VESE](#)

[Energiemanagementsysteme](#), Renera (Systèmes de gestion d'énergie en Suisse)

[Publikationen – Smart Energy Engineering](#), (Pompes à chaleur et photovoltaïque, OFEN)