

OPTIM-EASE

Les enjeux du gaz naturel et du biogaz dans les concepts énergétiques de quartier

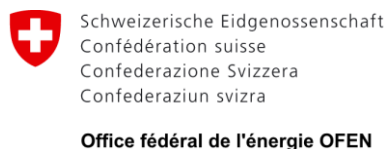
15.11.2023 – 4e journée de la recherche de l'industrie gazière suisse - La transformation par l'innovation -

Xavier Jobard, Mija Frossard, Arthur du Vignau et Massimiliano Capezzali

Institut des énergies

OPTIM-EASE

- Février 2021 – Février 2023
- 2 écoles impliquées : HEIG-VD et OST
- Partenaires industriels : Romande Energie, Energie360, SGSW
- Financement : OFEN + FOGA

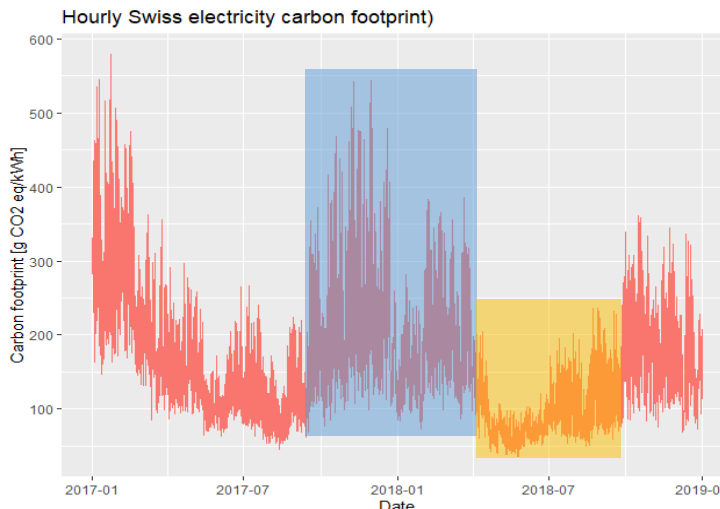


Un 2^{ème} projet : SolHOOD

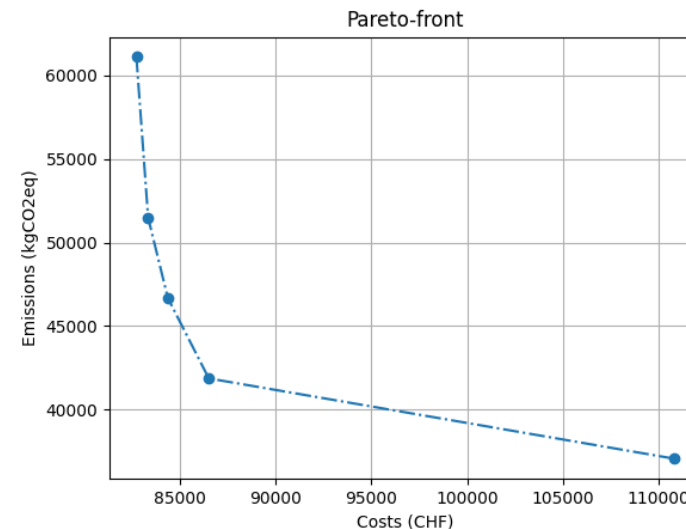
- Novembre 2021 – Juin 2024
- Partenaires industriels : 4 bureaux d'ingénieurs, Siemens
- Financement : OFEN, ville de Zurich



Problématiques et Motivations



EcoDynBat – Final Report Dynamic Life Cycle Assessment of Buildings – P. Padey, K. Goulouti, M. Capezzali et al.



Les regroupements de consommation propre sont-ils plus “vertueux” que des solutions individuelles

Impacts environnementaux dynamiques : certaines associations font-elles toujours sens ?

Comment identifier des solutions optimales en considérant des indicateurs contradictoires ?

Des outils open-source sur Python

OptiHood

Outil d'optimisation bi-objectif des systèmes énergétiques d'un quartier

<https://github.com/SPF-OST/optihood>

Développement conjoint
HEIG / OST



oemof
['ø:mɔf]

Plateforme de modélisation
des systèmes énergétiques

<https://oemof.org/>



Langage de modélisation Python pour
l'optimisation

PYOMO

<http://www.pyomo.org/>

OptiHood - Workflow

Input parameters

Buildings / District data

Weather data

Technology parameters

LCA & LCC parameters

Pre-processing

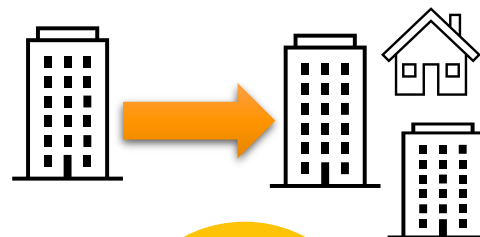
Load and generation



Dynamic Electricity cost and Carbon Footprint

Problem reduction

Optimization



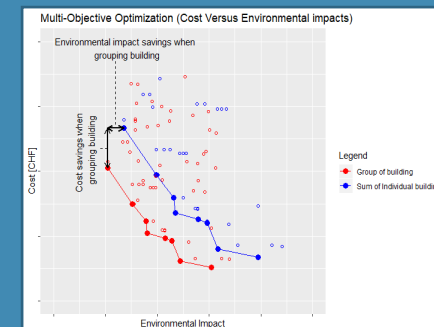
Technologies

Sizing

Operation Controls

Results

Pareto front



Compare Scenario :
single versus groups

Investment decisions :
Trade-off

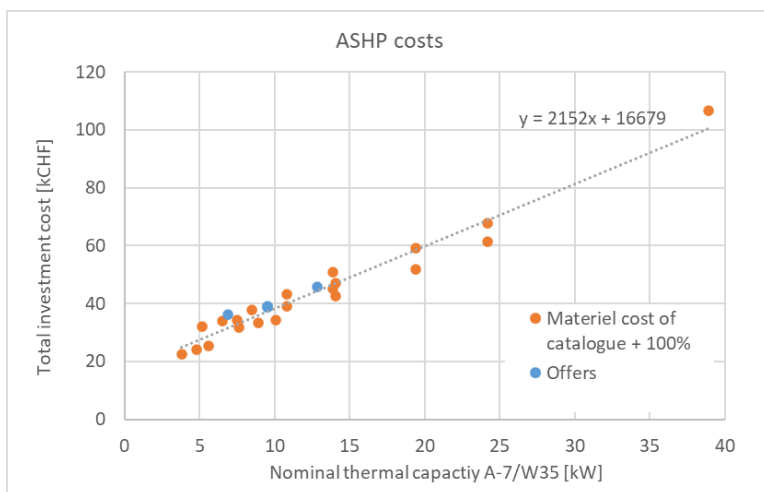
Fonction Objectif Economique

$$\text{Mean Annual Cost} = \sum_{t \text{ in technologies}} V[\text{use binary}]_t \cdot (\text{CAPEX}_t + \text{OPEX}_t) - \sum_{f \text{ in flows}} \text{feed in tariff}_f \cdot V[\text{quantity feed - in}]$$

$$\text{OPEX}_t = \sum_{i \text{ in inputs}} (\text{Cost}_i \sum_{f \text{ in flows}} V[\text{quantity of inputs}]_{i,f}) + \text{Cost}_{\text{maintenance}}$$

$$\text{CAPEX}_t = (\text{Base}_t + V[\text{capacity}]_t \cdot \text{Capacity}_t) / A_t$$

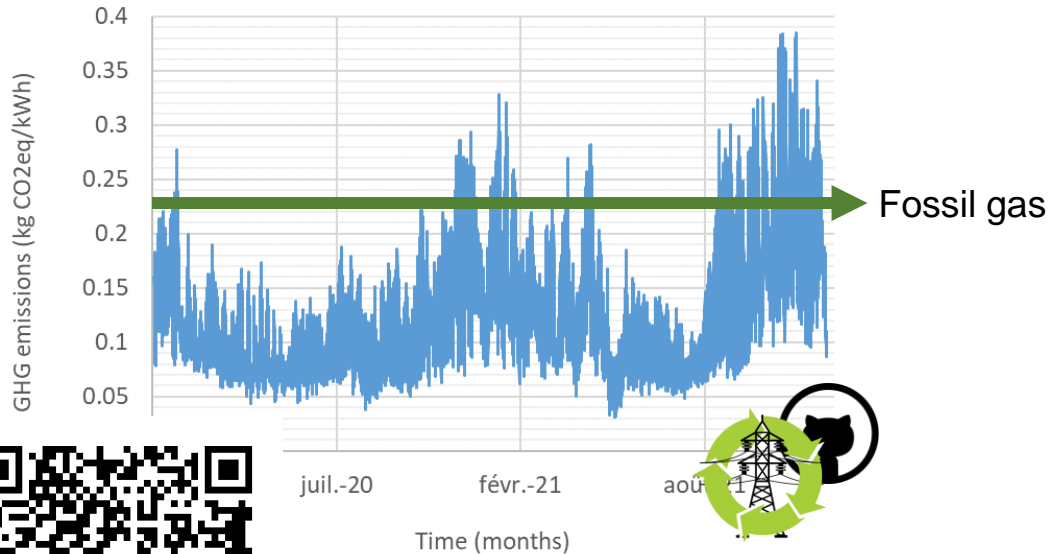
Where A_t is the annuity factor per technology



	u.	lifetime _t [y]	CAPEX _t [CHF/u.]	CAPEX _t [CHF]	Maintenance [% CAPEX / y]
Converters					
ASHP	kW	20	2153	16678	2%
GSHP + BHE	kW	20	3052	22257	2%
Boilers	kW	30	164	8832	1.5%
Solar thermal	m ²	20	820	5500	0.5%
Photovoltaic	kW	30	1103	17950	2%
CHP-ICE	kW	20	1153	24879	3%
Energy storages					
Batteries	kWh	20	981	5138	-
HWS	L	20	1.4	1092	-
DHWS	L	20	7	2132	-

Fonction Objectif Environnemental

$$GHGE = \sum_{i \text{ in inputs}} \left(GHGE_i \sum_{f \text{ in flows}} V[\text{quantity of } i]_f \right) + \sum_{t \text{ in technologies}} V[\text{capacity of } t] \cdot \frac{GHGE_t}{lifetime_t}$$



electricity $GHGE_i$ hourly timeserie
generated with EcoDynElec

<https://github.com/LESBAT-HEIG-VD/EcoDynElec>

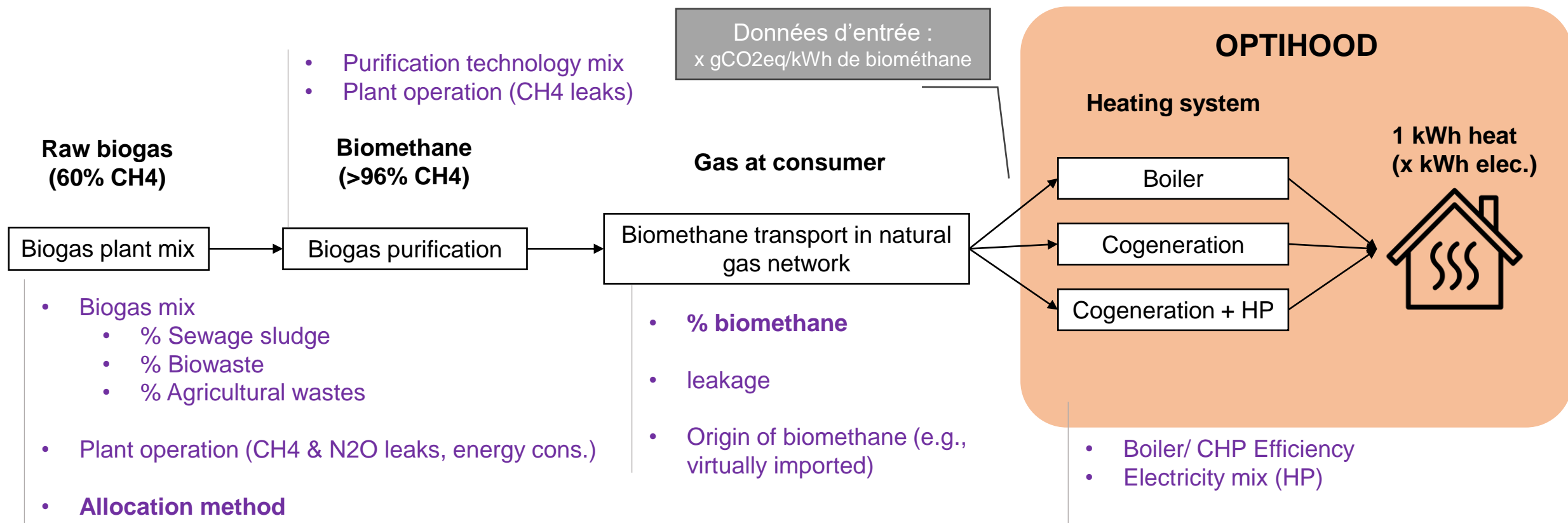
Technologie	u.	$lifetime_t$ [y]	$GHGE_t$ [kgCO ₂ eq/u.]
Converters			
ASHP	kW	20	281
GSHP + BHE	kW	20	772
Boilers	kW	40	93
Solar thermal	m ²	20	127
Photovoltaic	kWp	30	1131
CHP-ICE	kWh	20	360
Energy storages			
Batteries	kWh	20	29
HWS	L	20	0.5
DHWS	L	20	0.5

Sources :

KBOB Ökobilanzdatenbestand DQRv2:2022 (KBOB et al., 2022).
ecoinvent v2.2 cut-off system mode (Frischknecht et al., 2007).

Focus sur l'ACV du gaz renouvelable

Frontière de l'ACV du gaz renouvelable et des **facteurs d'influences sur les émissions de GES.**



Focus sur l'ACV du gaz renouvelable

Les sources de données :

- KBOB : moyenne représentative de la production de gaz renouvelable en Suisse
- Usine de Werdhölzi (ZH), donnée spécifique de l'étude de l'EMPA

	Werdhölzi, Zürich plant				Average
	Cut-off	Causal	Economic	Avoided	KBOB
Emissions (g CO2 eq. /kWh HHV)	9.5	36.9	43.6	32.8	124

Analyse de sensibilité sur le pourcentage de biométhane dans le mix gaz

Biomethane %	0%	10%	30%	50%	100%	Source
Emissions (g CO2 eq. /kWh HHV)	230	219,4	198,2	177	124	KBOB
Price (ct/kWh HHV)	9,87	10,47	11,67	12,87	15,87	prixpellet.ch + Energie360

Prix moyen pour 2021 (prixpellet.ch) et +0.3 ct/10% biométhane (energie360)

Source:
KBOB Ökobilanzdatenbestand DQRv2:2022 (KBOB et al., 2022).
Beloin-Saint-Pierre D, Hischier R. Life cycle assessment of
digestion and biogas treatment at Werdhölzi, EMPA, 2021

Cas d'étude

Données d'entrée :

- 1 bâtiment résidentiel type petit-collectif
- 3 variantes de demandes de chaleurs différentes
- Le MFH100 dispose de radiateur haute temperature
- Météo : Pully (Lausanne)

Hypothèses :

Taux d'intérêt = 5%

Prix de l'électricité : 19.5 c/kWh (constant)

Scenario :

- Optimisation individuelle de chaque bâtiment
- Variation des proportions biomethane/gaz dans le mix
- Comparaison entre le facteur émission KBOB et de Werdhölzi

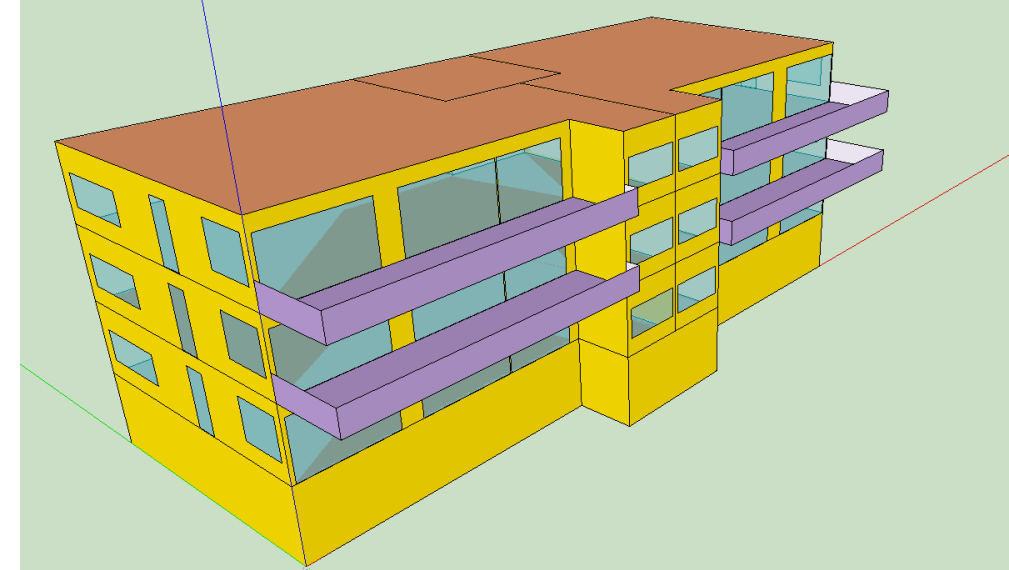
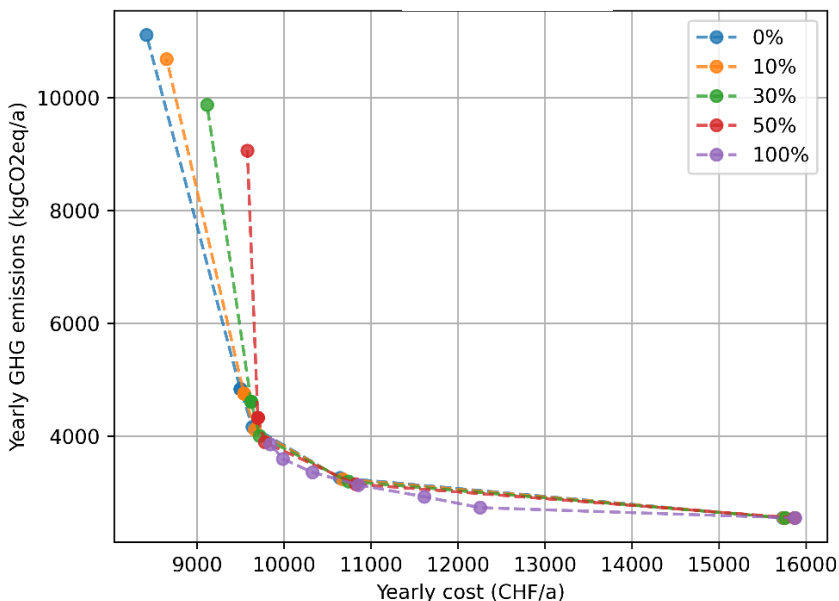


Table 5 Energy consumptions for MFH13, MFH54, and MFH100

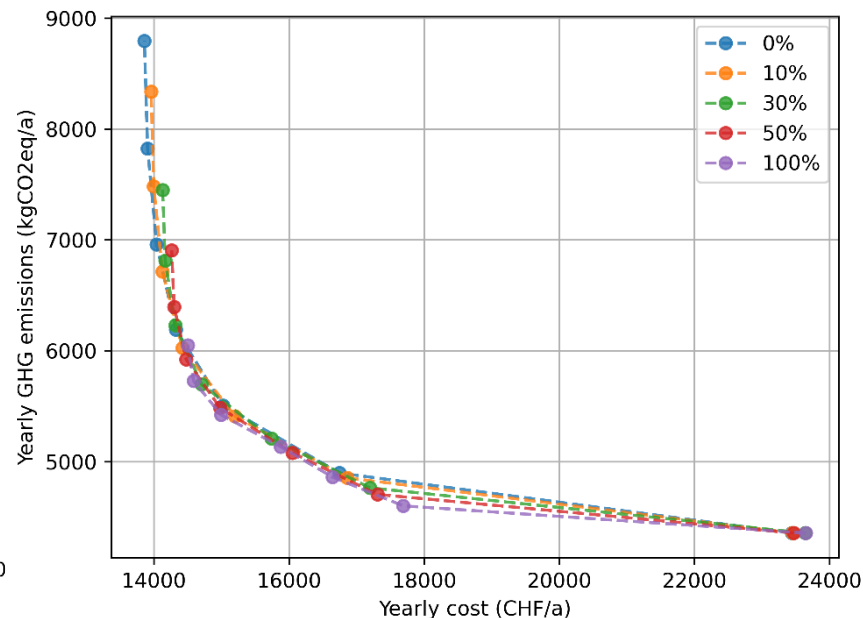
	MFH13	MFH54	MFH100
Electricity (kWh/m²/year)	13	17	32
DHW (kWh/m²/year)	16	17	24
SH (kWh/m²/year)	13	54	100
Total (kWh/m²/year)	42	87	156
Energy reference area (m²)	1 199	1 174	1 167
Electricity (kWh/year)	16 163	19 396	37 147
DHW (kWh/year)	19 456	19 456	28 255
SH (kWh/year)	15 335	63 818	116 397
Total (kWh/year)	50 954	102 669	181 798

Résultats – Front de Pareto

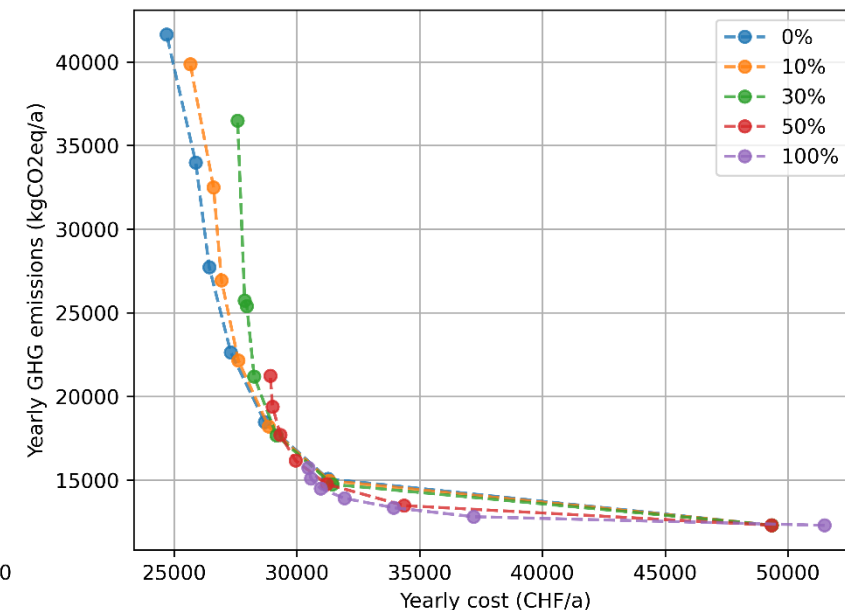
MFH13



MFH54



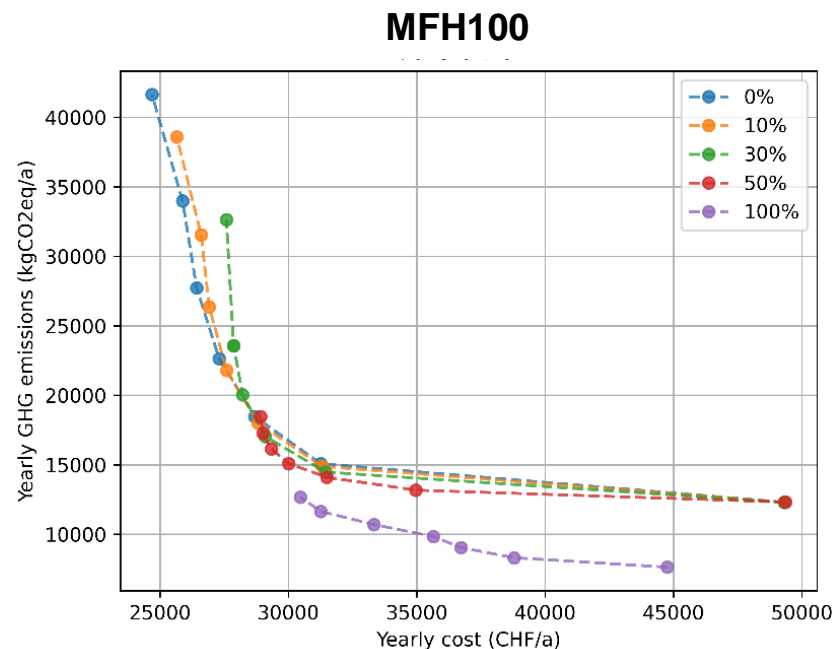
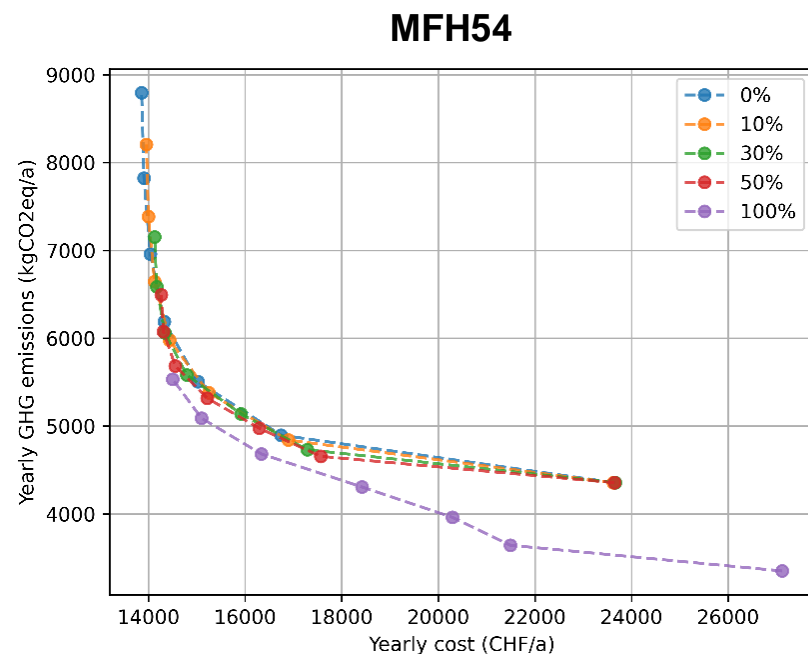
MFH100



En tant que bâtiments individuels, MFH13, MFH54, MFH100 partagent les mêmes tendances :

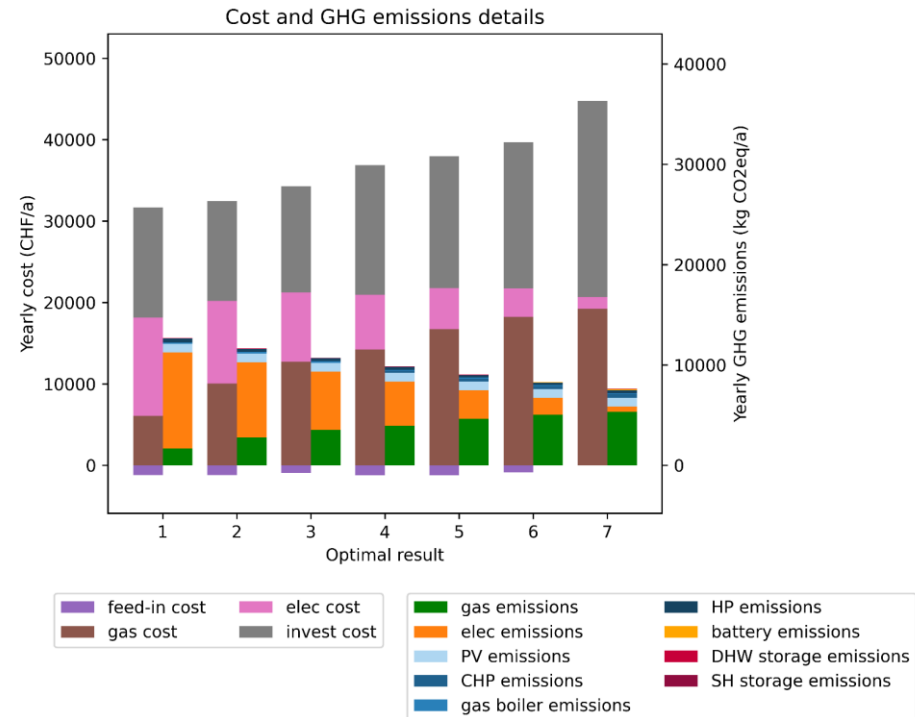
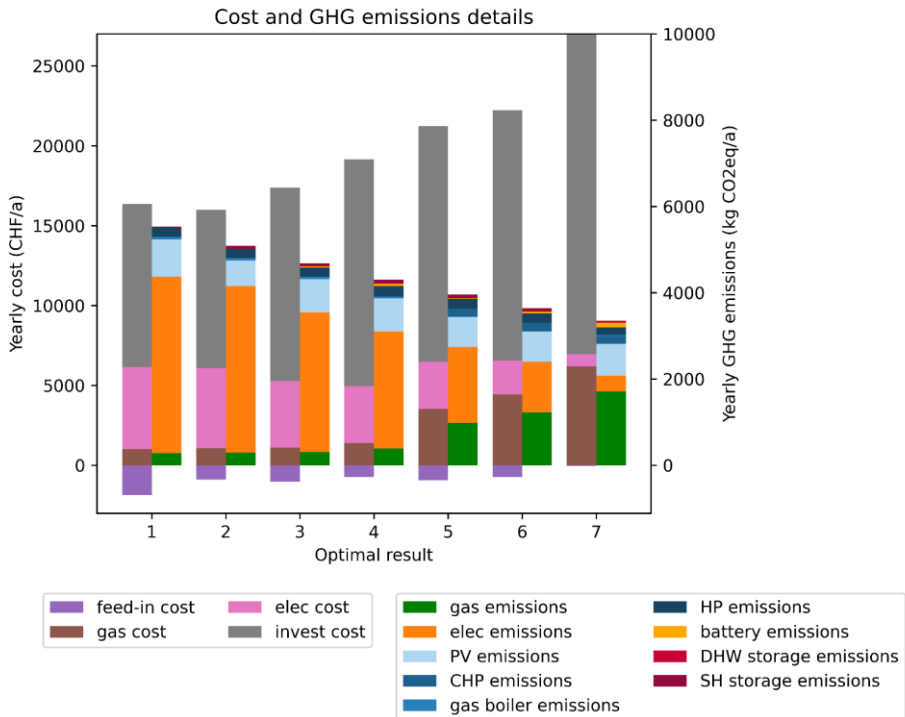
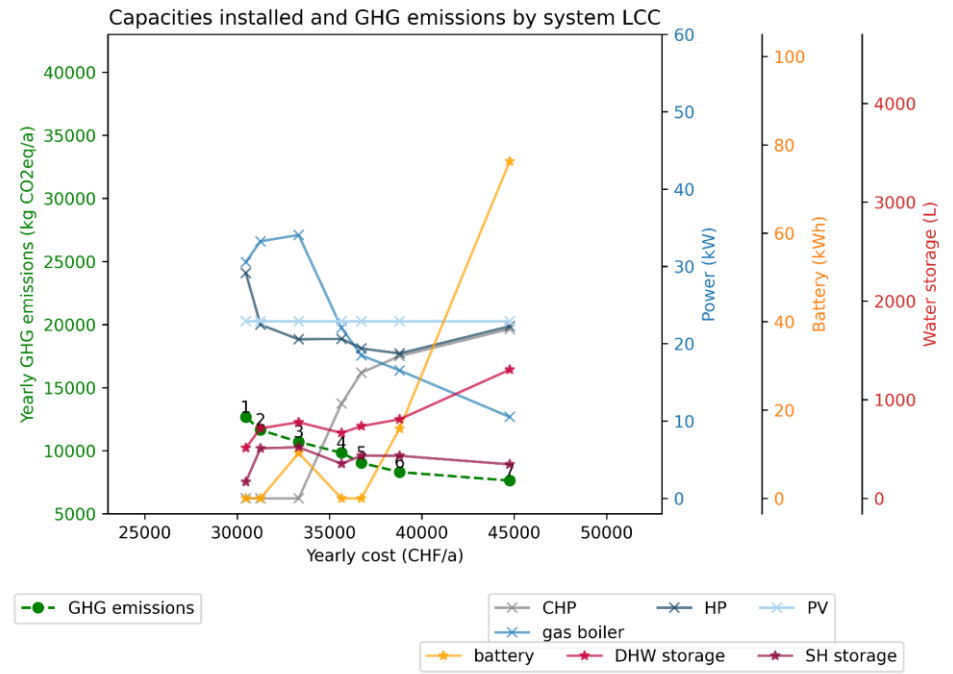
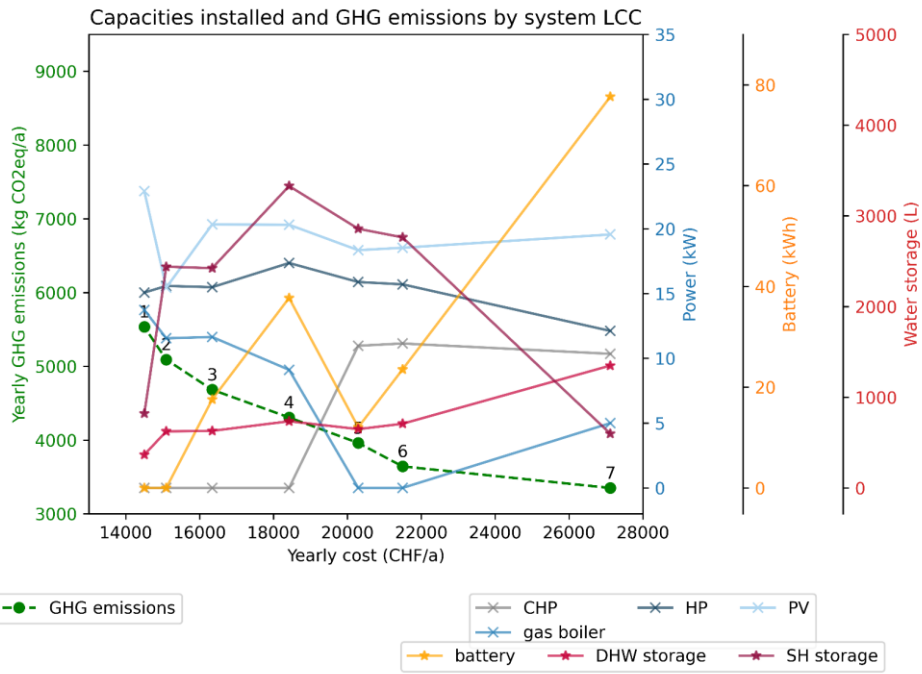
- L'utilisation du biogaz n'a pas d'effet sur les optima environnementaux : émissions trop élevées vs PAC
- Pour les optima de coût : l'utilisation du biogaz n'apporte pas d'avantage, au contraire.
- Dans la zone de compromis, solutions bivalentes mais une augmentation de biométhane dans le mix induit seulement une réduction de l'utilisation des PAC

Résultats - Biométhane : 44 g/kWh



Avec un mix 100% biométhane et un taux d'émission à 44 gCO₂eq/kWh :

- Changement paradigme et net gain environnemental
- Décarbonation du concept énergétique avec une augmentation de l'utilisation du gaz renouvelable
- Utilisation du gaz renouvelable avec des chaudières et des couplage-chaleur force.



Conclusions et Perspectives

Les résultats sont très sensibles aux hypothèses de coût et de facteur émission du biométhane.

Avec des valeurs conservatrices (KBOB), le gaz naturel est l'option la moins chère et les PAC l'option de décarbonation privilégiée

Pour des valeurs faibles d'émission du biométhane (44 gCO₂eq/kWh), des solutions environnementalement avantageuses peuvent être trouvées.

Mais, quel est le potentiel de production de biométhane en Suisse ?

Optihood permet de répondre à des enjeux importants avec la **flambée des prix de l'énergie**

- Réduction des consommations d'énergie par l'optimisation de l'opération des systèmes
- Maximisation de la consommation propre des installations de production électrique décentralisées
- Proposer des systèmes résilients au marché de l'énergie (sensibilité aux fluctuations du prix)

MERCI POUR VOTRE ATTENTION

HE^{VD}
IG

IE

Institut
des Énergies

