



Projet ADEME RENOIR

Présentation et échanges autour du développement d'un outil de conception intégrée pour la réhabilitation énergétique des logements collectifs.



PLATEFORME TECHNOLOGIQUE
DÉDIÉE À LA RÉHABILITATION DES BÂTIMENTS

Boris Brangeon
Emmanuel Bozonnet
Cécile Jolas

Utilisation de la maquette numérique sur un projet de réhabilitation



- Le bâtiment des années 50 est en R+3 sur sous-sol demi enterré ;
- Surface SHON : 1306,89 m² avec une hauteur de bâtiment égale à 13,10 m ;
- Mode constructif : murs porteurs en moellons avec pierre apparente et couverture tuile ;
- Le bâtiment présente 2 cages d'escaliers desservant chacune 4T5 et 4T1 (16 lgts) ;
- Le bâtiment est raccordé au réseau de chaleur depuis octobre 2013.

Spécificités de la réhabilitation

- La performance énergétique à atteindre : 49 kWh/(m².an) ;
- Coût objectif total office HLM : environ 650 000€

Estimations financières de l'enveloppe

REHABILITATION ENERGETIQUE – ISOLATION ET REFECTION DES FACADES	144 840,00 €
REHABILITATION ENERGETIQUE – PONTS THERMIQUE DES BALCONS	83 583,00 €
REHABILITATION ENERGETIQUE – MENUISERIES EXTERIEURES	131 042,00 €
REHABILITATION ENERGETIQUE – ISOLATION DES COMBLES	11 400,00 €
REHABILITATION ENERGETIQUE – ISOLATION SOUS FACE PLANCHER RDC	16 632,00 €
TOTAL	387 497 €
	296 €/m ² SHON

Paramètres variables

STRUCTURE DU PLANCHER HAUT

ISOLATION DES MURS (ITI / ITE : EST, NORD, SUD et ITI : OUEST)

ISOLATION DES COMBLES

ISOLATION SOUS FACE PLANCHER RDC

MENUISERIES EXTERIEURES (SUD, NORD, EST OUEST)

SYSTEMES ENERGETIQUES

Paramètres fixes

STRUCTURE MURS (MOELLON PIERRE)

ISOLATION DES CAGES D'ESCALIER (ITI, LdV)

MENUISERIES EXTERIEURES SOUS-SOL (Bois)

Objectifs à minimiser

Coût Global

Cep

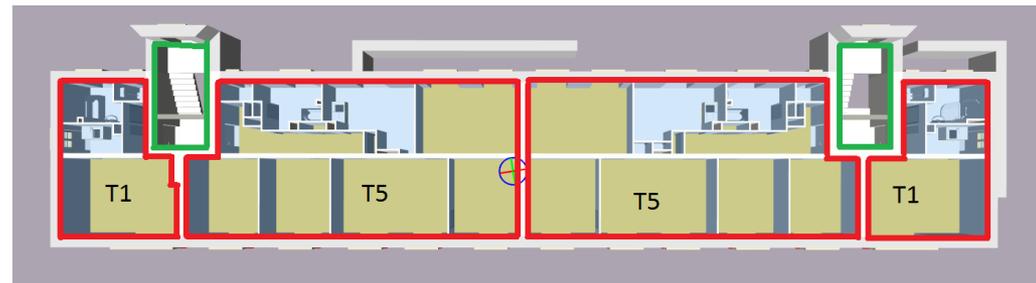
Indicateurs

Temps de retour sur investissement

Efficacité



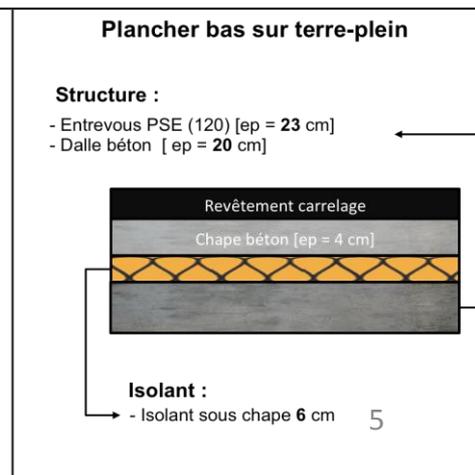
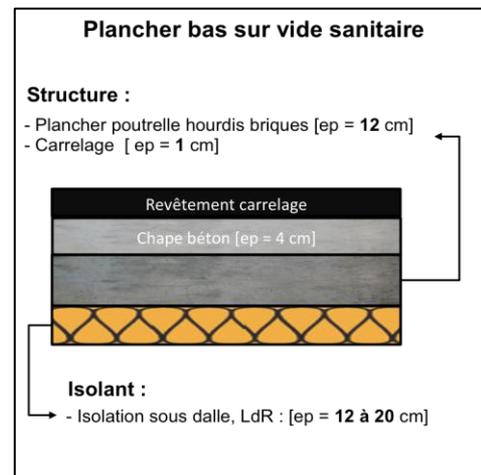
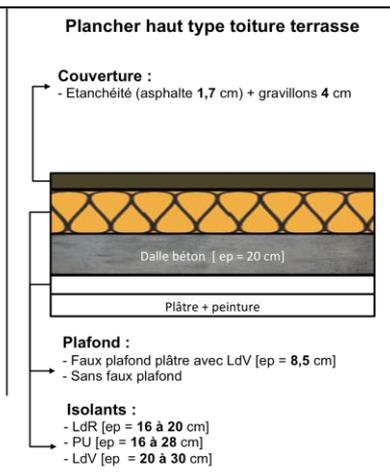
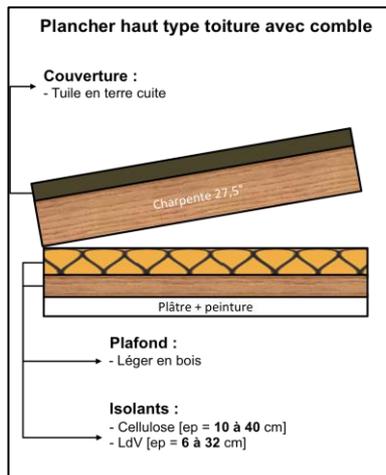
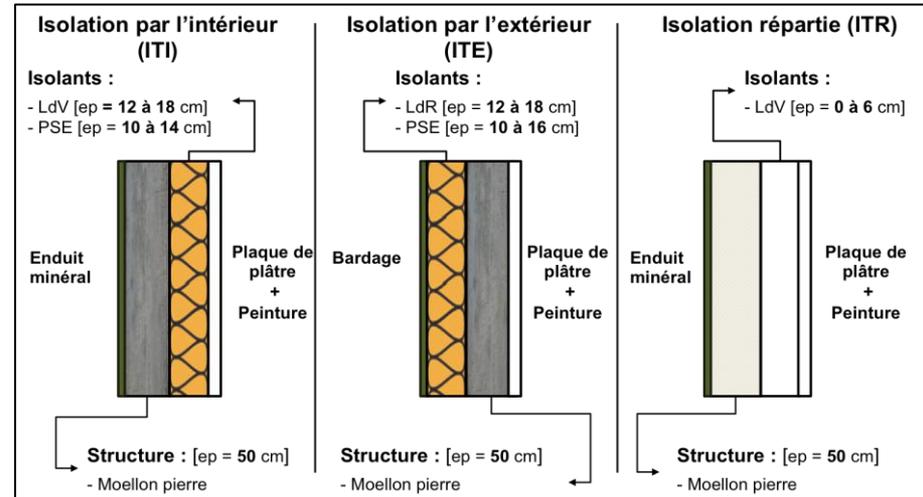
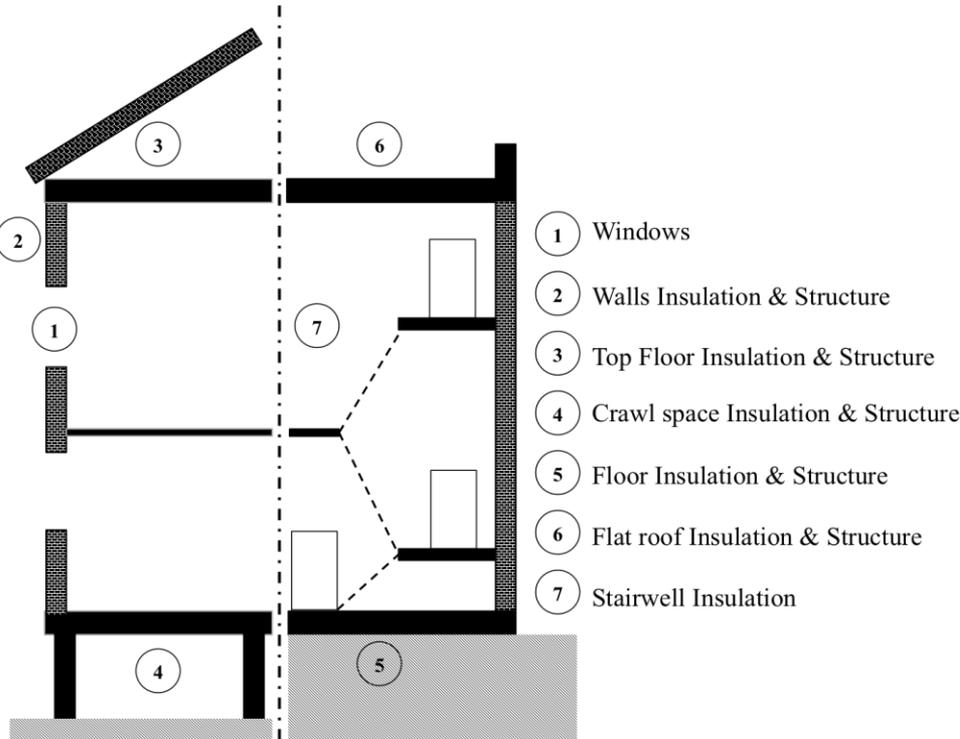
Bâtiment PN6



Plan de coupe horizontale

7 gènes de réhabilitation d'enveloppe

20*2*16*12*10*10*10*10*2 = **153 600 000**
 combinaisons possibles!!! -> 292 ans (1min
 /simulation + temps de saisie)

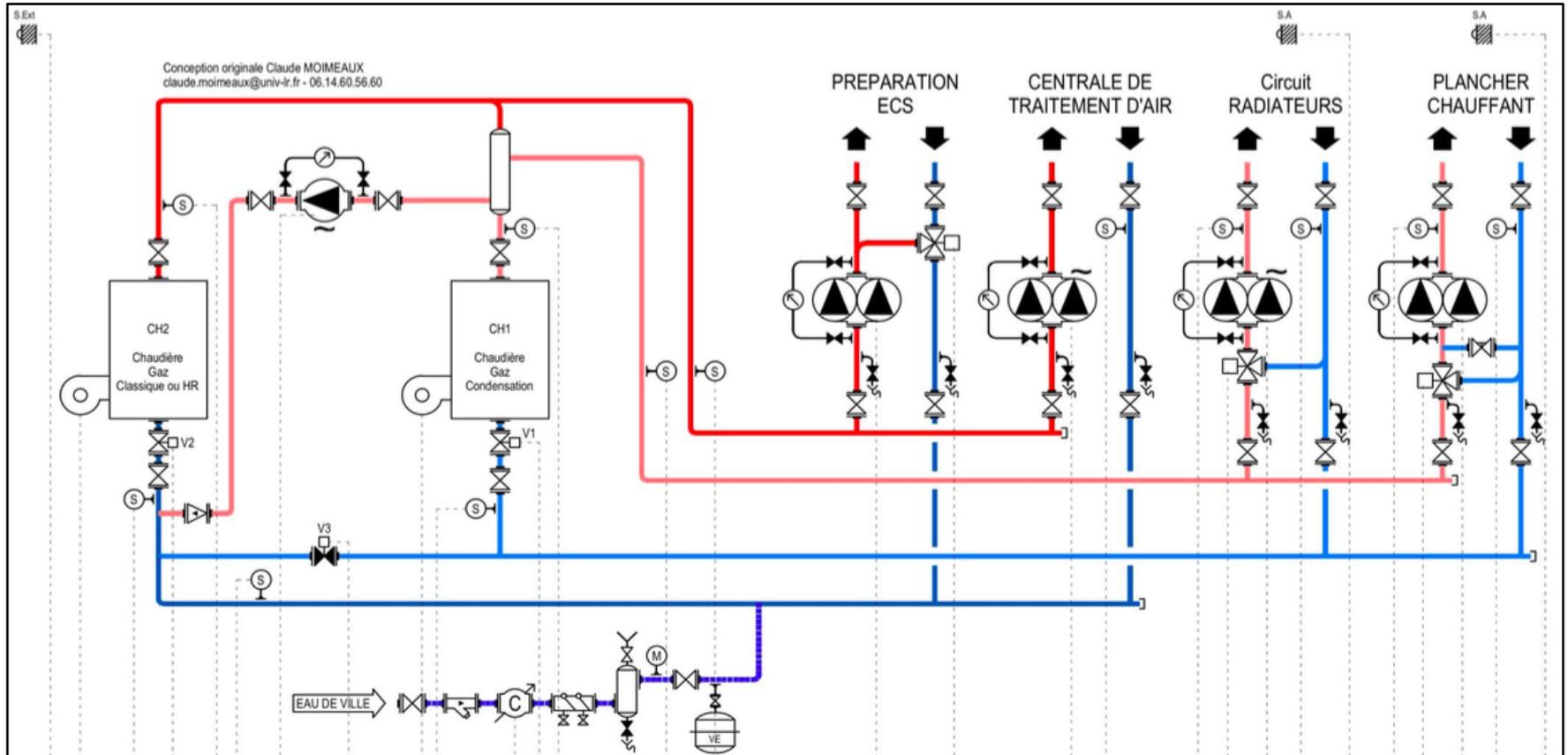


+ 1 gène de réhabilitation de système

Typologie des systèmes pour les logements collectifs

Chaudière gaz à condensation et chaudière gaz classique

Schéma de l'installation



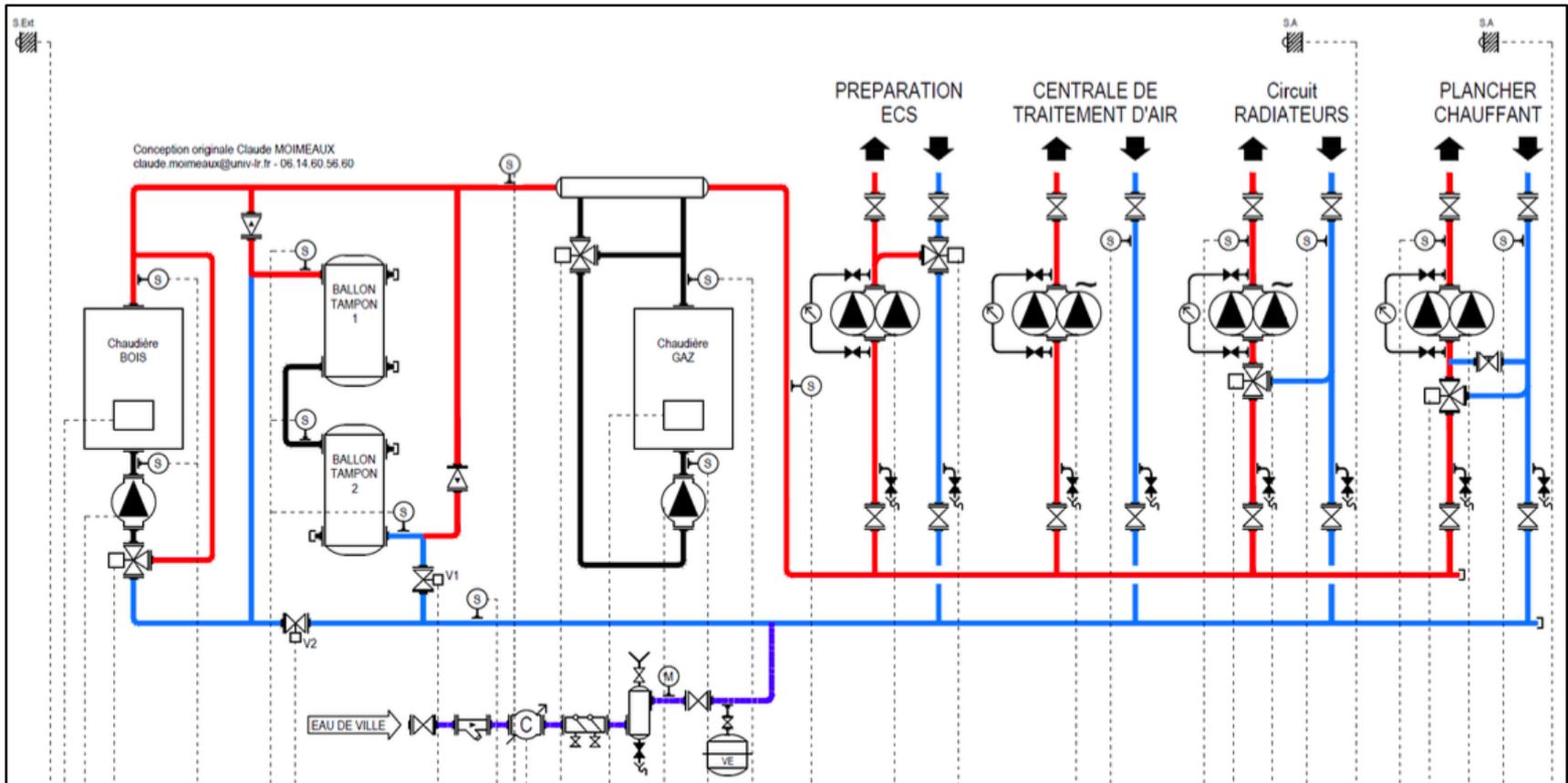
Priorités : Chaudière gaz à condensation 200 kW (Chauffage : 2 + ECS : 1)
Chaudière gaz classique 80 kW (Chauffage : 1)

Règle de dimensionnement : $\frac{2}{3} * Q_{tot} = \frac{2}{3} * 280kW \sim 190kW$

Typologie des systèmes pour les logements collectifs

Chaudière gaz à condensation et chaudière bois

Schéma de l'installation



Priorités : Chaudière gaz à condensation 200 kW (Chauffage : 2 + ECS : 1)
Chaudière bois 80 kW (Chauffage : 1)

Règle de dimensionnement : $\frac{2}{3} * Q_{tot} = \frac{2}{3} * 280kW \sim 190kW$

Définitions des objectifs et indicateurs financiers

- Coût global

$$CG = I_0 + \sum_{j=1}^N \frac{(1+ie)^j}{(1+a)^j} \times Ce_j + \sum_{j=1}^N \frac{(1+im)^j}{(1+a)^j} \times Cm_j + \sum_{j=1}^N \frac{(1+ir)^j}{(1+a)^j} \times Cr_j + \frac{(1+id)^N}{(1+a)^N} \times De$$

I_0 = Coût d'investissement [€]

Ce = Coût annuel d'exploitation (C_{ef} [kWh]*coût de l'énergie [€/kWh])

Cm = Coût annuel de maintenance

Cr = Coût annuel de remplacement

a = taux d'actualisation = 2%

i_e = taux d'inflation de l'énergie

=> (4% gaz)

=> (3,5% fioul)

=> (2% électricité)

N = Période (30 ans)

Coût des énergies 2016

Power Plant Type	Cost \$/kW-hr
Coal	\$0.095-0.15
Natural Gas	\$0.07-0.14
Nuclear	\$0.095
Wind	\$0.07-0.20
Solar PV	\$0.125
Solar Thermal	\$0.24
Geothermal	\$0.05
Biomass	\$0.10
Hydro	\$0.08

Définitions des objectifs et indicateurs financiers

- Temps de retour

$$C_G = C_I + \sum_0^{30} C_D \quad \text{avec} \quad \sum_{n=0}^N C_D = \sum_{n=0}^{30} \frac{C_E + C_M}{(1 + a_g)^n} \quad \frac{1}{(1 + a_g)} = \frac{1 + i}{(1 + a)}$$

$$\ln(a^n) = n \ln(a)$$

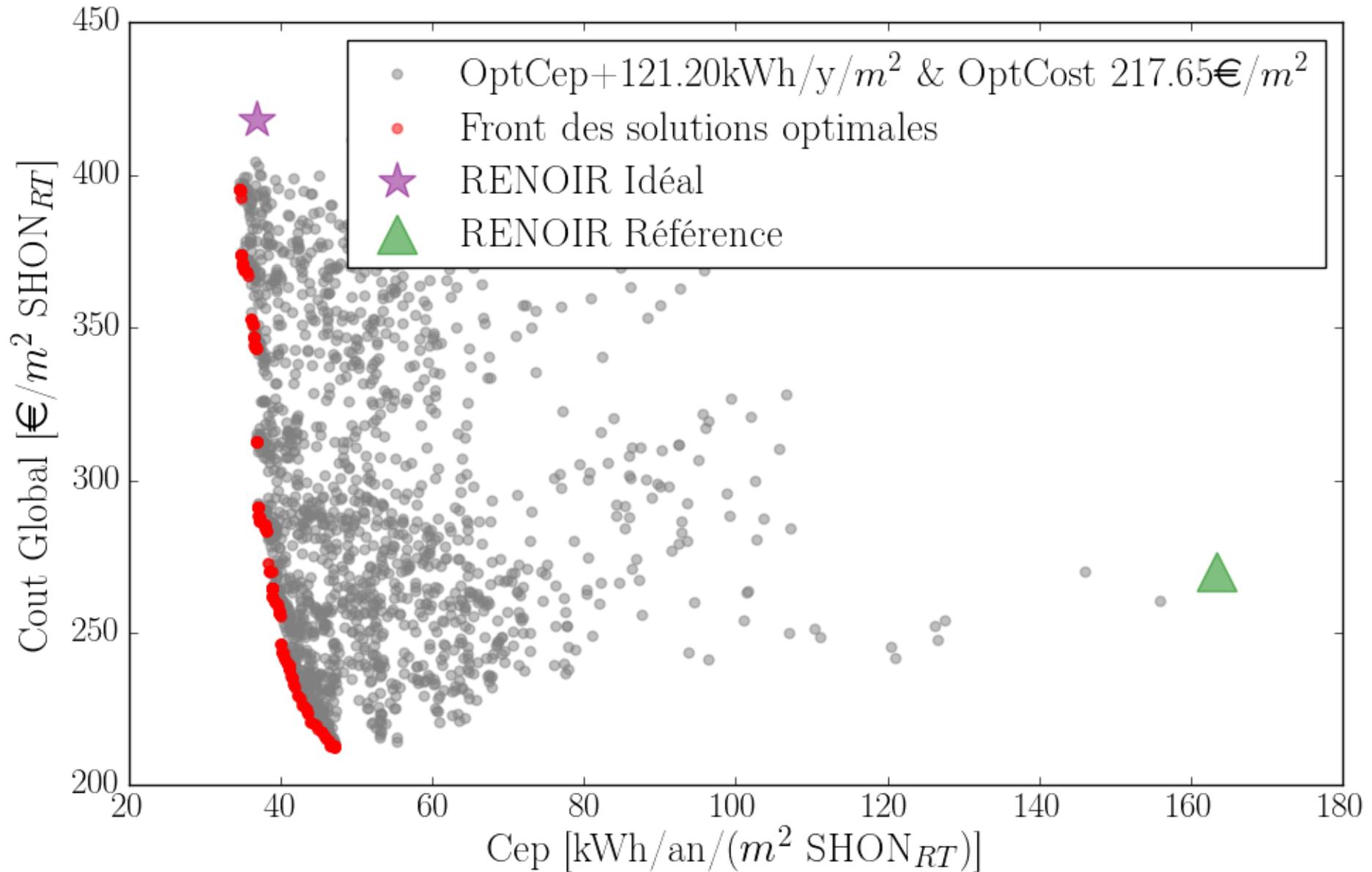
$$\frac{C_I}{\sum_0^{30} (C_E + C_M)(1 + i)^n} = 1 \quad \Rightarrow C_I = (C_{E_{REF}} - C_E) \int_0^{TR} (1 + i)^n dn$$

$$\Rightarrow \frac{C_I}{\Delta C_E} = \int_0^{TR} e^{n \ln(1+i)} dn = \left[\frac{e^{n \ln(1+i)}}{\ln(1+i)} \right]_0^{TR}$$

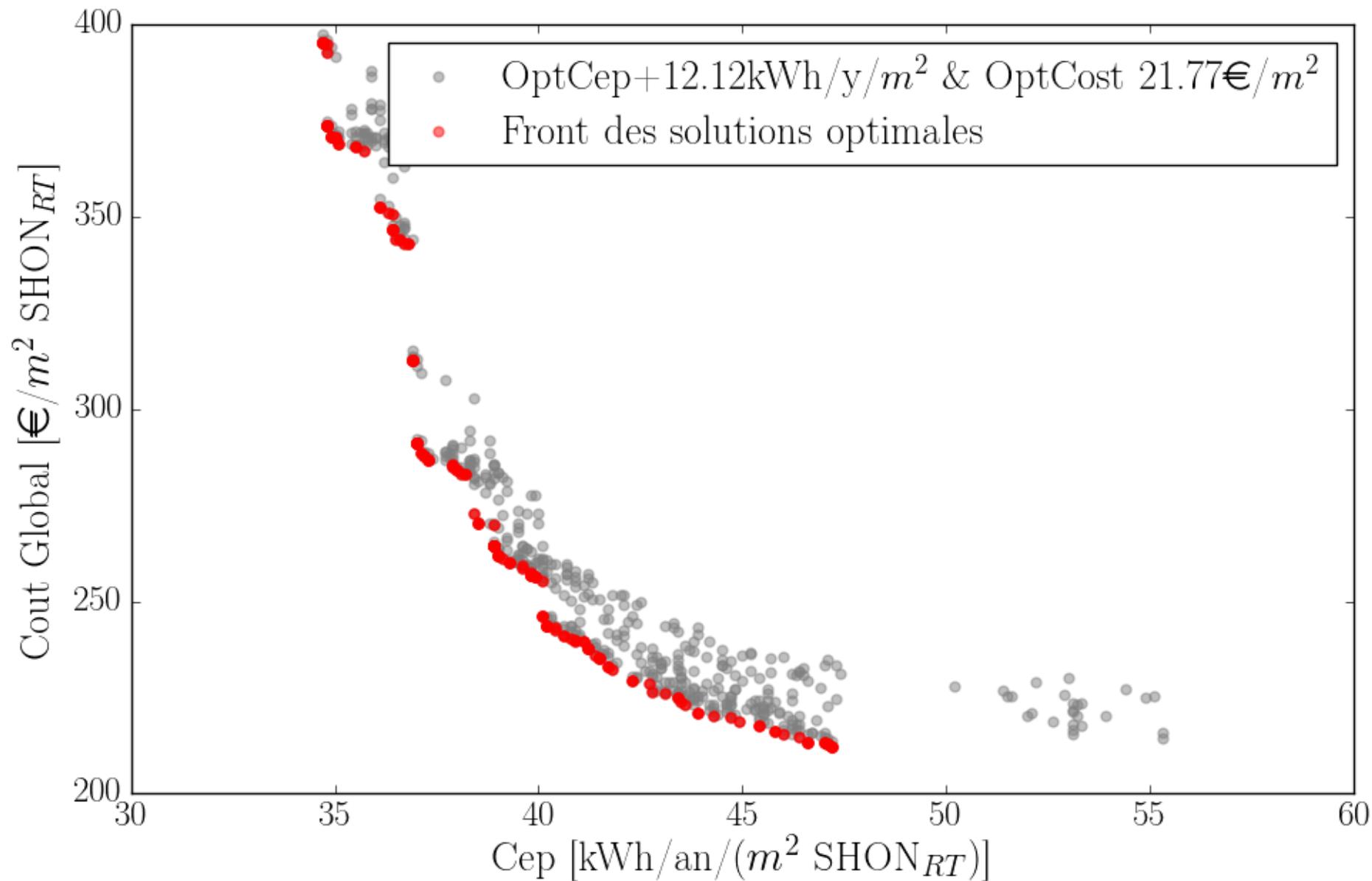
$$TR = \frac{\ln(1 + \ln(1 + i) \frac{C_I}{\Delta C_E})}{\ln(1 + i)}$$

(Unité : année)

Résultats d'une optimisation

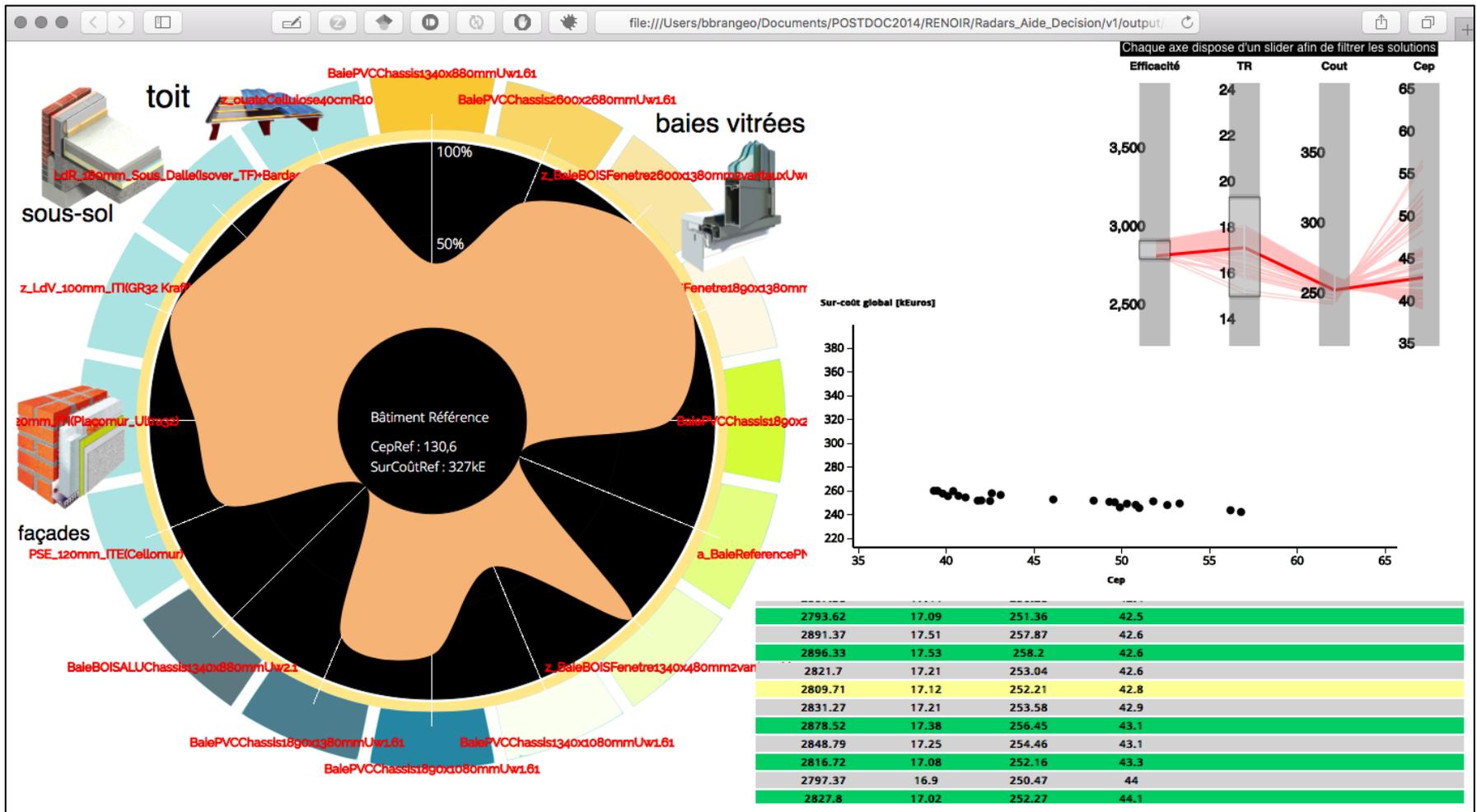


Résultats solutions optimales 10%



Outil d'aide à la décision

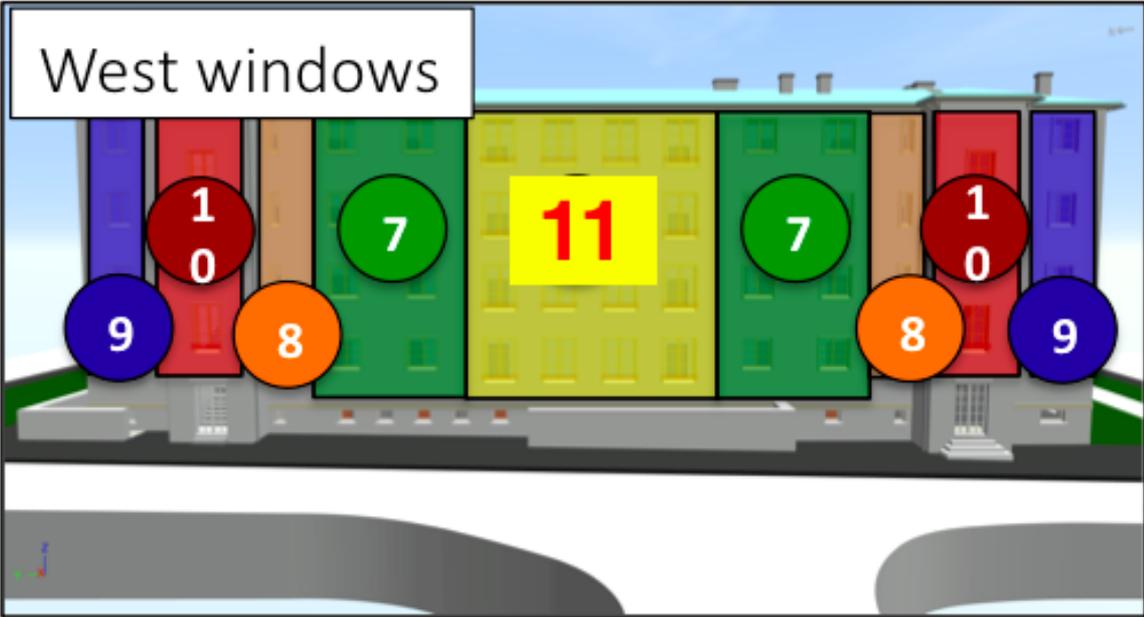
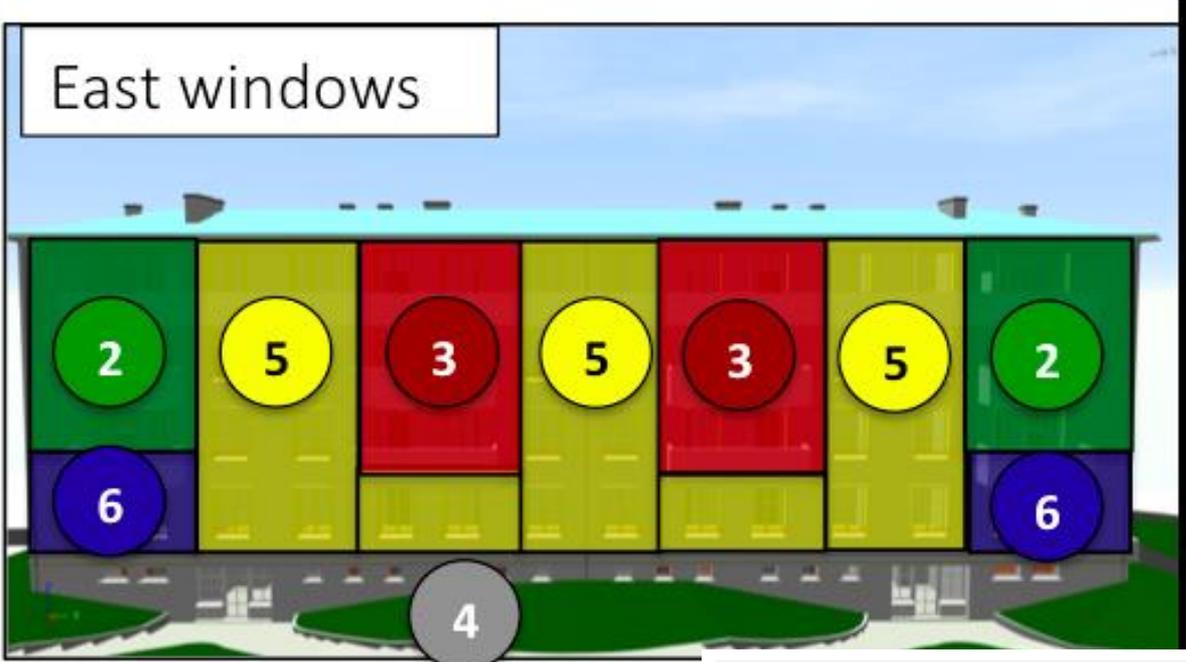
- Temps de retour sur investissement [17-22 ans]
- Cep
- Coût
- Efficacité (**Investissement** nécessaire pour **réduire d'un kilowatt heure d'énergie** primaire la consommation annuelle du bâtiment)



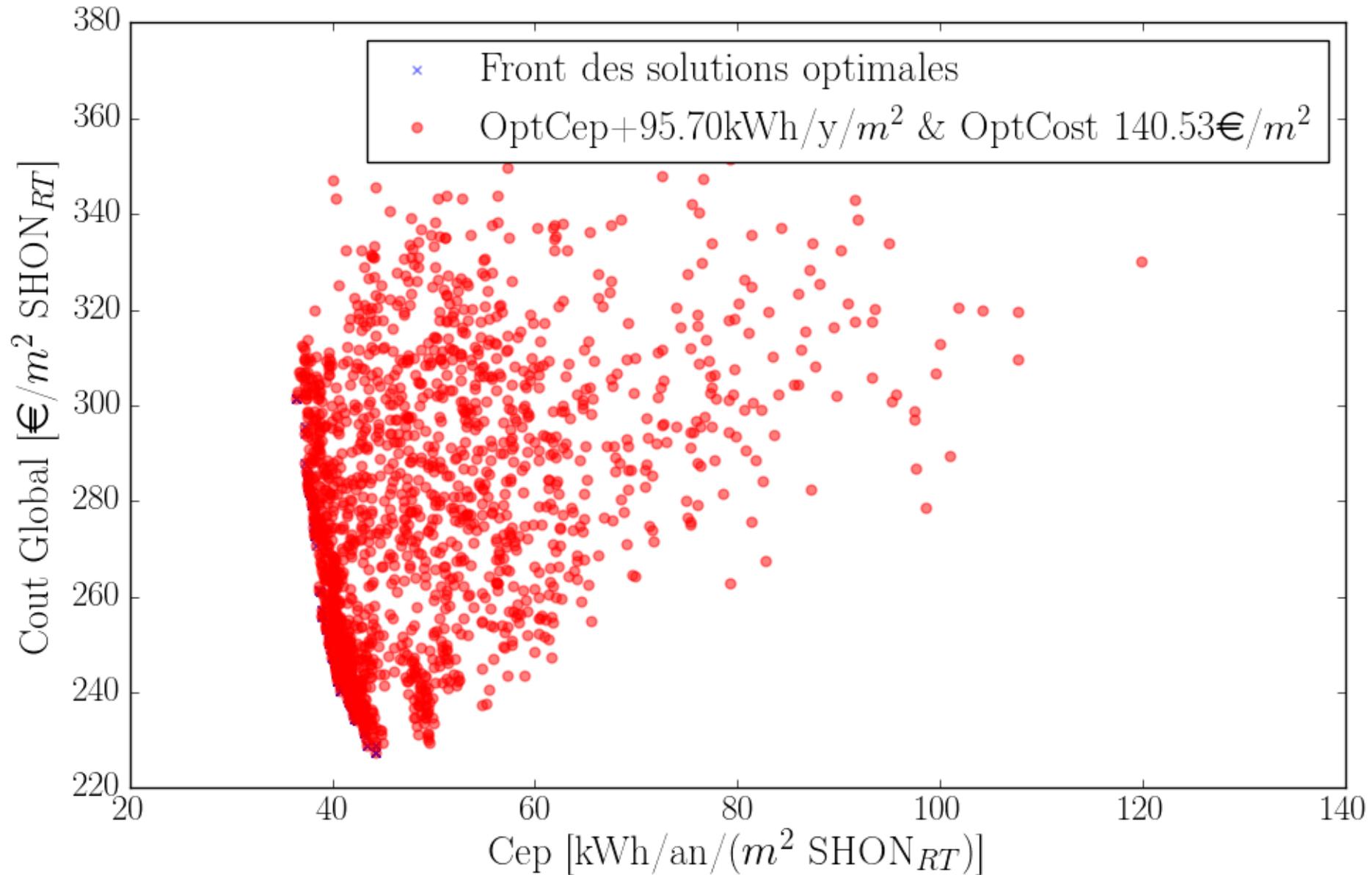
Questionnaire

- **Comment intégrer les résultats d'optimisation énergétique et coût dans les opérations de réhabilitation de logements collectifs ?**
- L'outil d'aide à la décision n'est pas complètement finalisé
- Des retours seraient nécessaires pour améliorer l'outil d'aide à la décision
- <https://docs.google.com/forms/d/1DToRQX9J5HYRG6UiWbqWgmhHRxPL7aWV8Voo4eezz74/edit>

Outil d'aide à la décision



Résultats d'une optimisation



Résultats d'une optimisation

