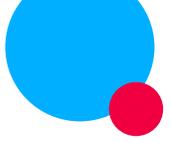


Ecoconception et rénovation énergétique

mars 2022

| Bruno Peuportier



Contexte

Stratégie Nationale Bas-Carbone (SNBC), neutralité carbone à l'horizon 2050
-> rénovation du parc de bâtiments

Décret tertiaire : réduire les consommations en énergie finale de 40% en 2030, 50% en 2040 et 60% en 2060 par rapport à une référence établie en 2021

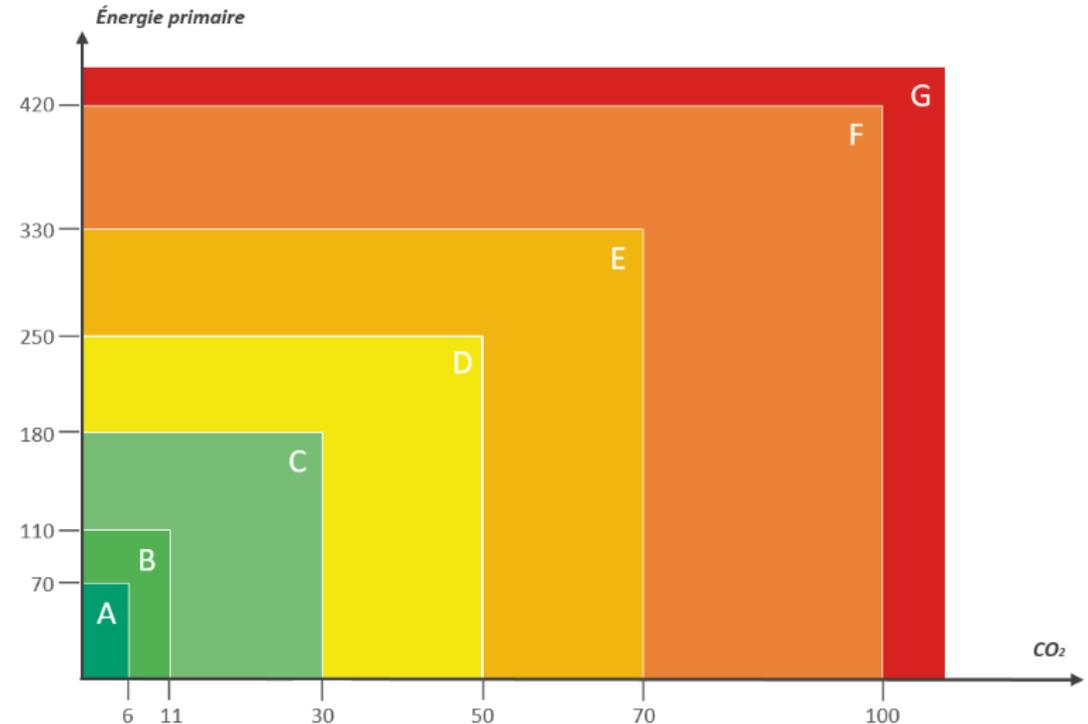
Logements : étiquette énergie
Chauffage, eau chaude sanitaire,
refroidissement, éclairage et
auxiliaires de distribution, de
génération et de ventilation

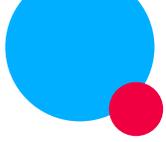
2023 : seuil de 450 kWh/m² pour
la location

2028 : classe F et G à rénover

Nouveaux double-seuils des
étiquettes de performance
énergétique

70	6	A
KWh/m ² .an	kg CO ₂ eq/m ² .an	
110	11	B
KWh/m ² .an	kg CO ₂ eq/m ² .an	
180	30	C
KWh/m ² .an	kg CO ₂ eq/m ² .an	
250	50	D
KWh/m ² .an	kg CO ₂ eq/m ² .an	
330	70	E
KWh/m ² .an	kg CO ₂ eq/m ² .an	
420	100	F
KWh/m ² .an	kg CO ₂ eq/m ² .an	
		G





Outils d'écoconception mobilisables

Evaluation des performances en kWh et en CO2

Il est alors nécessaire d'associer la simulation thermique dynamique (STD, calcul des besoins et des consommations d'énergie) et l'analyse de cycle de vie (ACV, évaluation des impacts environnementaux)

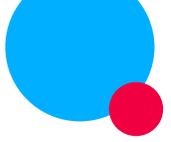
La STD permet aussi d'évaluer le niveau de confort hygrothermique donc de vérifier que les variantes comparées par ACV correspondent à la même unité fonctionnelle (un bâtiment avec un certain niveau de confort). Importance de la résilience face au changement climatique.

Compléments possibles : optimisation (par exemple performance et coût), calculs d'incertitudes (pour la garantie de performance)

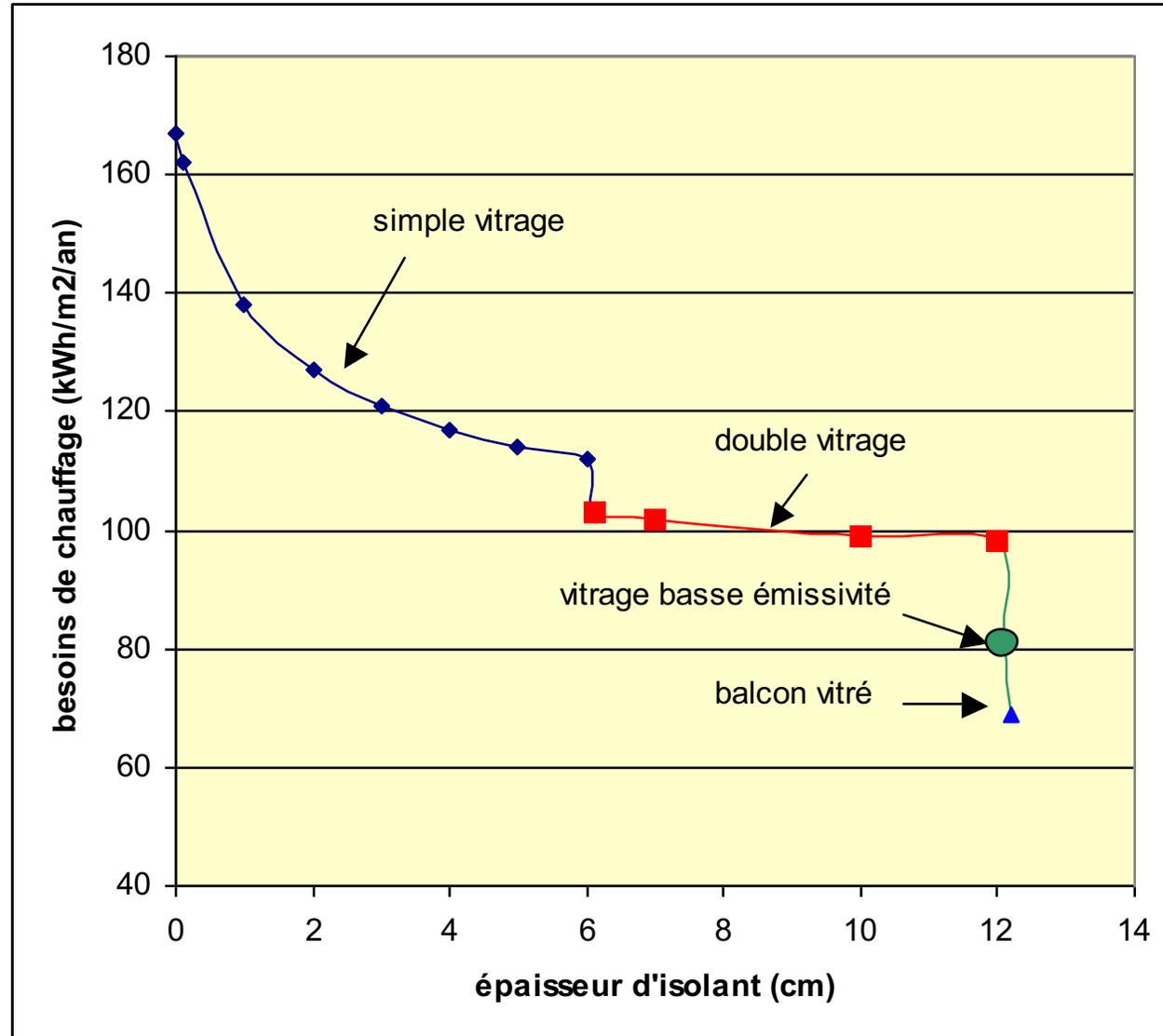
Bâtiment HLM à Montreuil

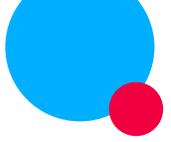


Construction : 1969, non isolé, simple vitrage
Besoins de chauffage : 160 kWh/m²/an

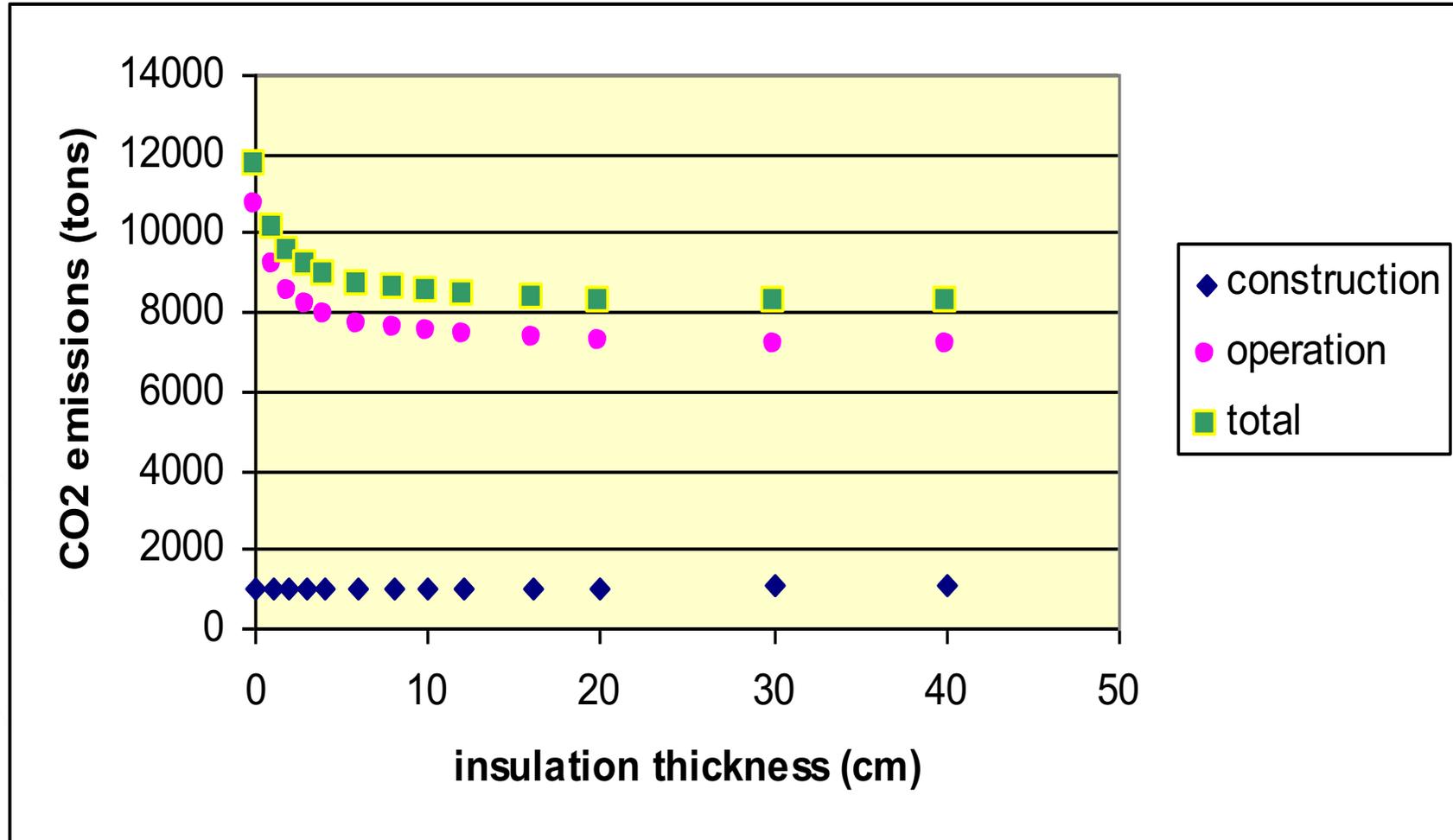


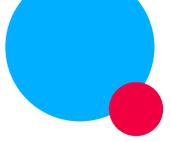
Résultats de l'analyse thermique



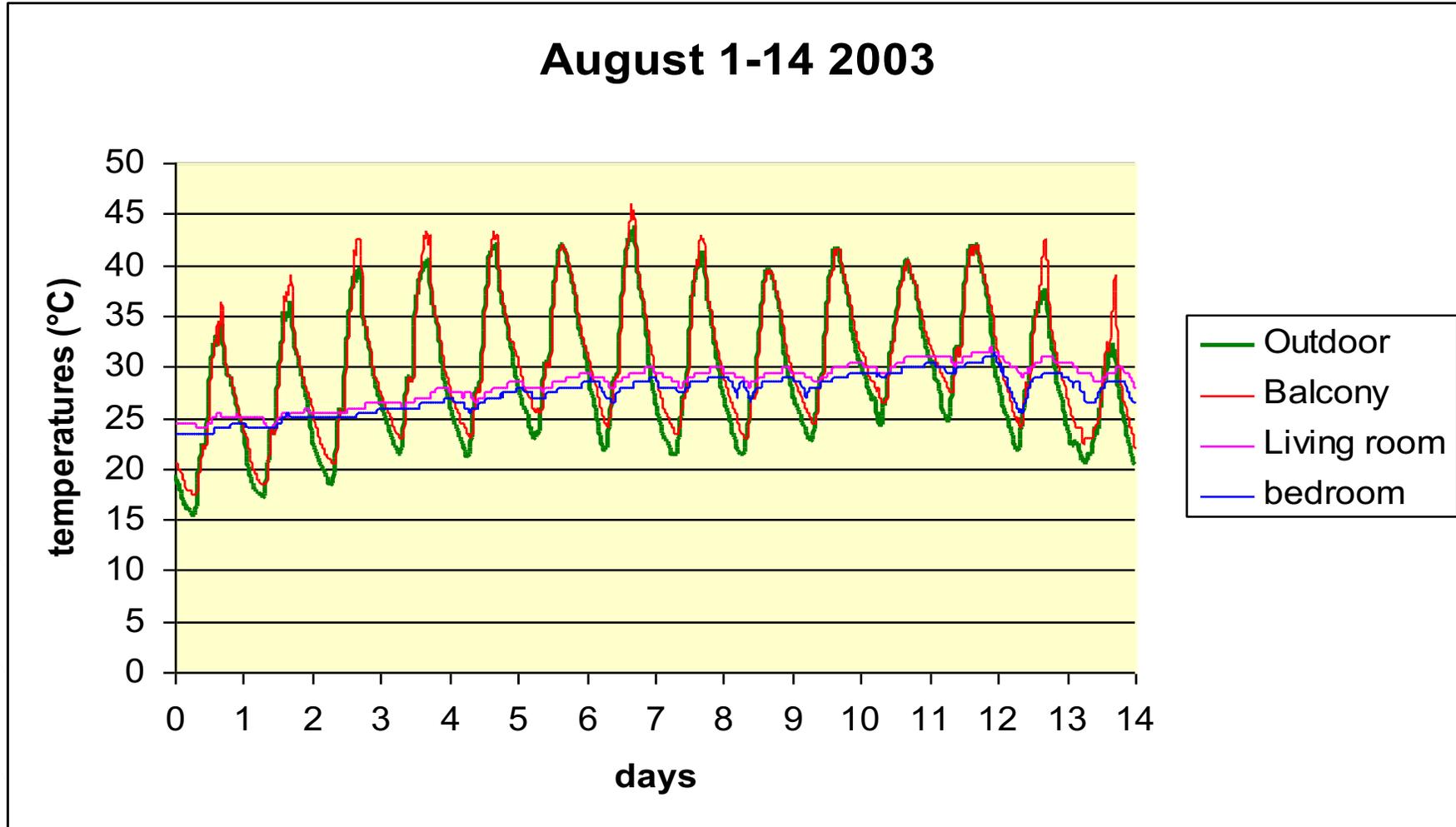


Epaisseur d'isolation

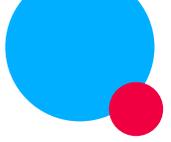




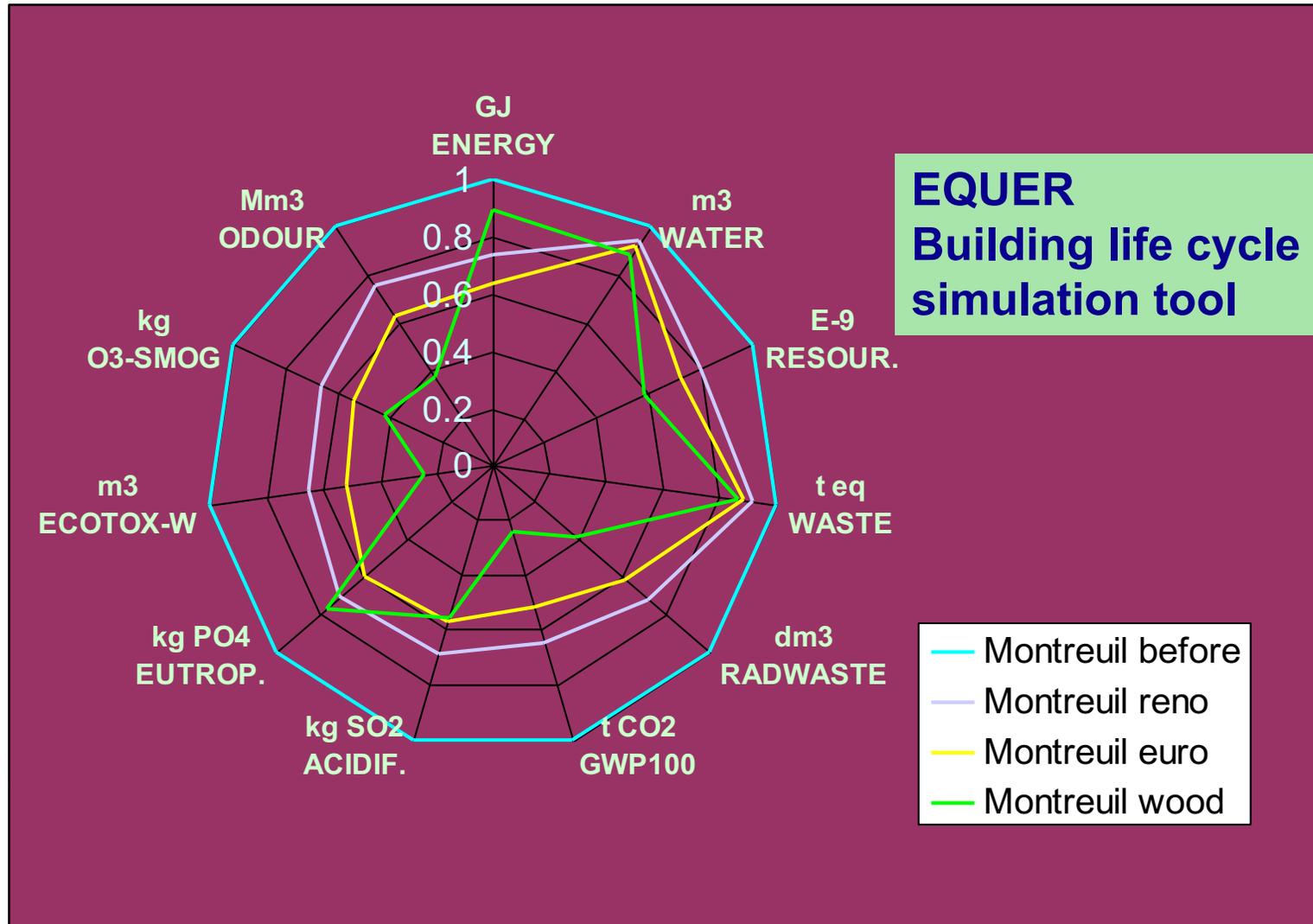
Canicule 2003 (15 000 décès)

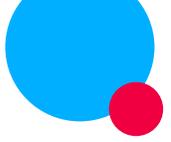


Écart de 10°C entre extérieur et intérieur grâce à la forte inertie
L'isolation thermique protège du froid mais aussi du chaud



Résultats de l'analyse de cycle de vie

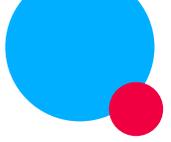




Bâtiment après rénovation, effet rebond



*Besoins de chauffage : - 32% et non -50% car température des logements +3°C (de 20°C à 23°C), action en cours de l'OPHLM
Emissions : - 76 tonnes CO₂ par an*



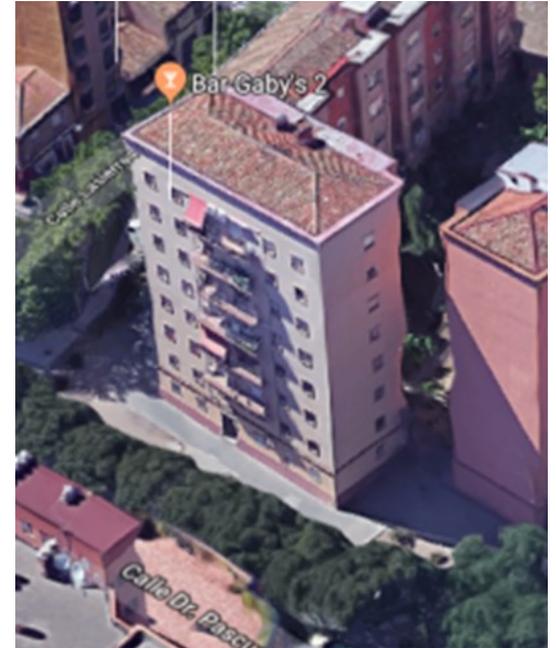
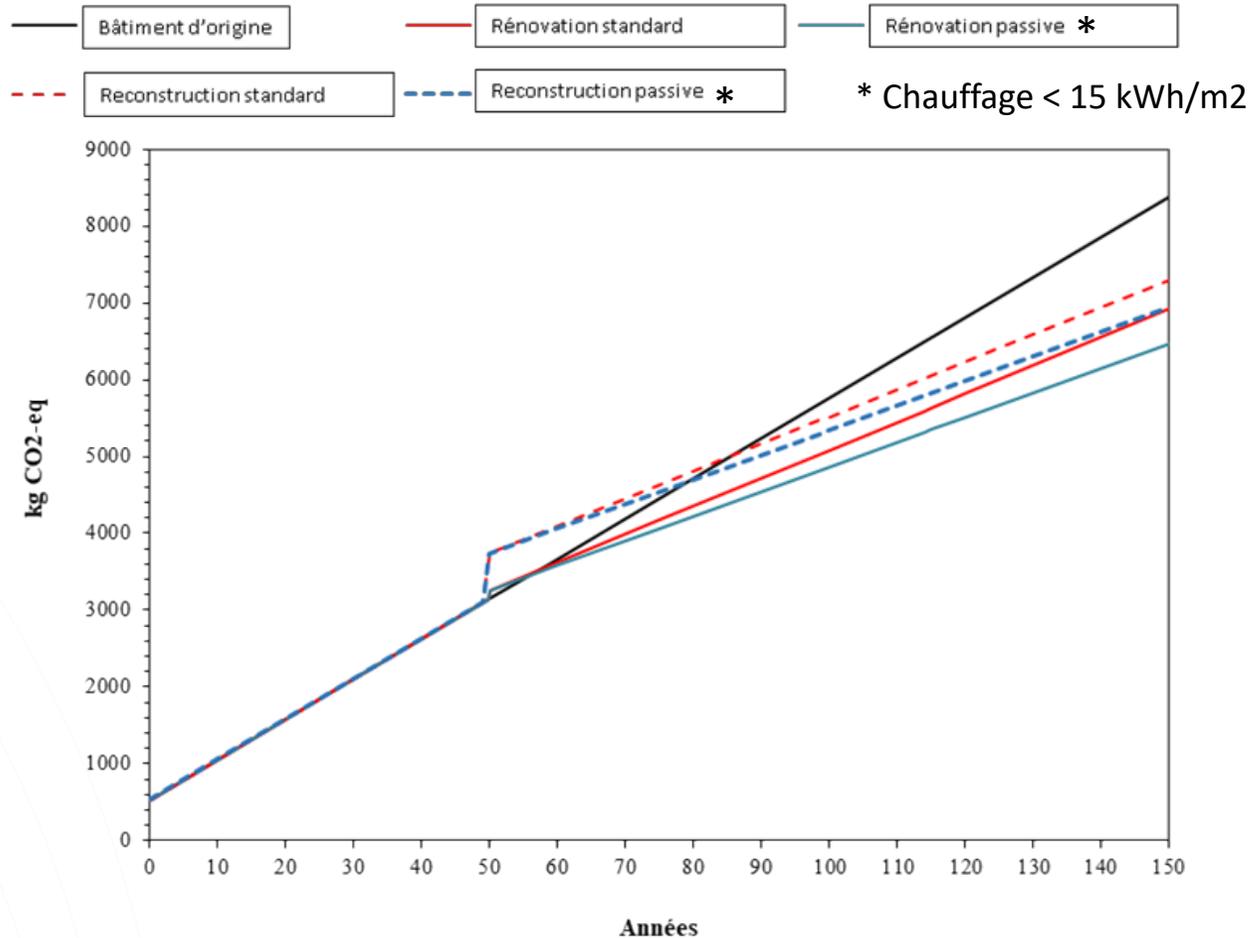
Projet européen SOLANOVA, Hongrie



Ventilation double flux
Traitement des ponts thermiques
Consommation de chauffage
mesurée : 39 kWh/m²/an



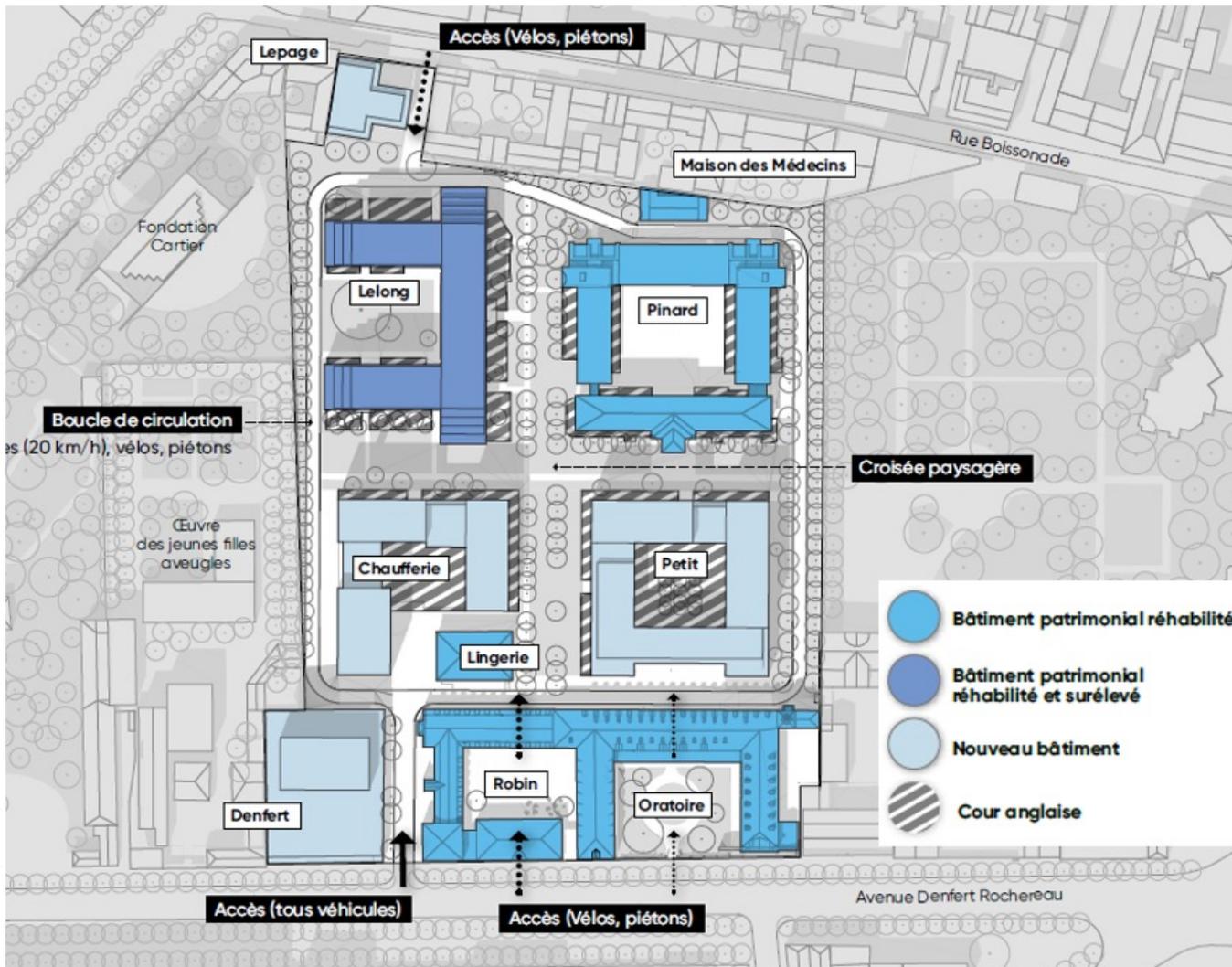
Rénovation ou reconstruction ?



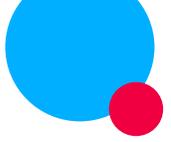
Immeuble de 16 logements sociaux à Saragosse, 1954-56

Emissions de gaz à effet de serre du bâtiment existant et de différentes variantes de rénovation ou de reconstruction au bout de 50 ans (Palacios-Munoz, 2019)

Projet St Vincent de Paul à Paris

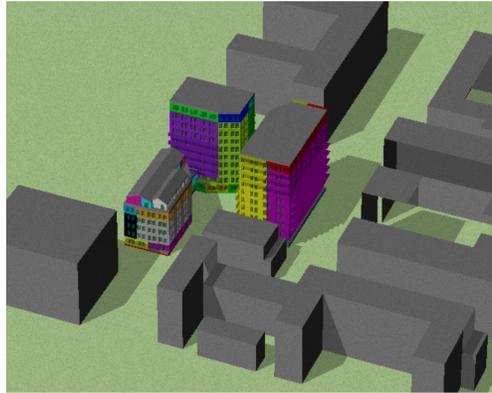


- Rénovation d'un ancien hôpital
- 43 140m² de logements
- 6 000 m² équipement privé d'intérêt général (CINASPIC)
- 5 390 m² équipements de proximités (groupe scolaire, gymnase...)
- 6 345 m² d'activités et commerces

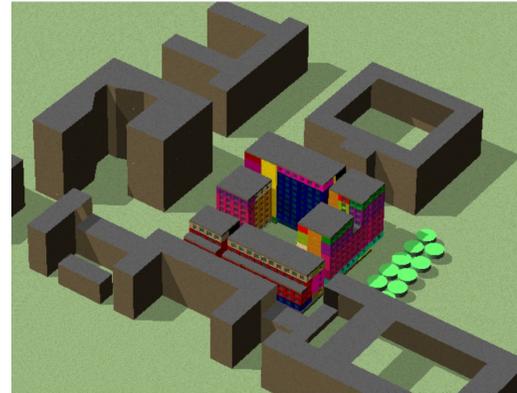


Maquettes numériques

Constructions
neuves

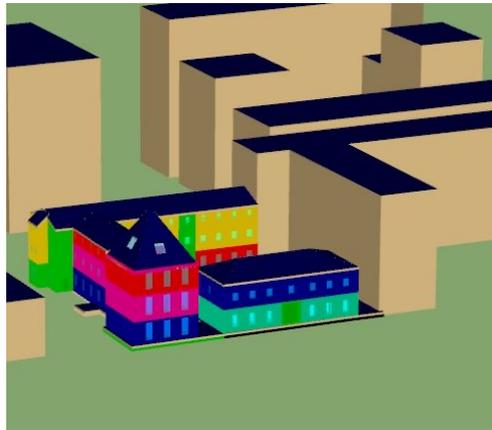


Chaufferie

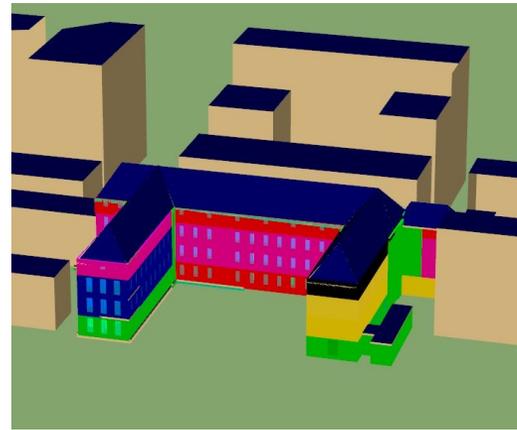


Petit

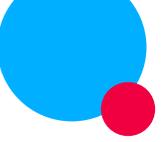
Rénovations



Robin



Oratoire

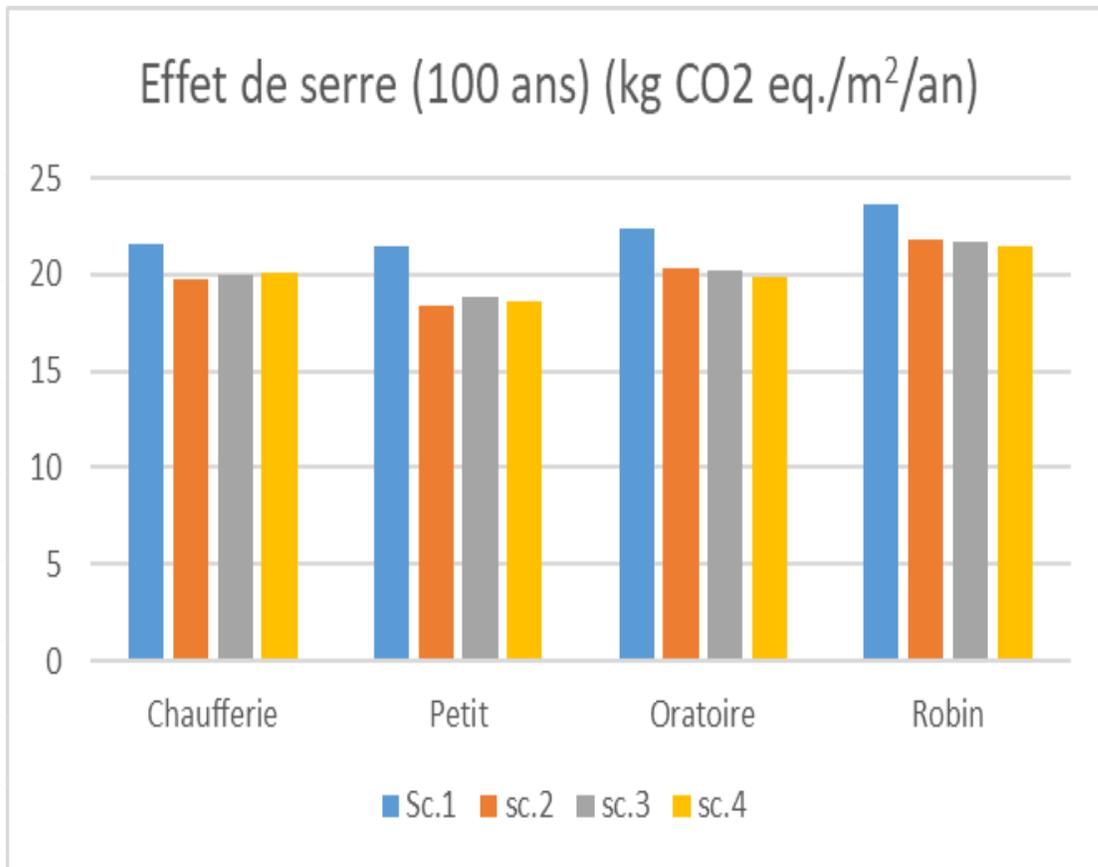


ACV, comparaison de scénarios d'économie circulaire

1. Pas d'économie circulaire
2. Pratiques courantes de recyclage/réemploi/réutilisation, spécificité du projet, et revalorisation à hauteur de 70% pour un ensemble de matériaux en fin de vie du bâtiment.
3. Scénario 2 + Part de revalorisation plus importante en phase de construction.
4. Scénario 3 + revalorisation jusqu'à 90% pour certains matériaux.

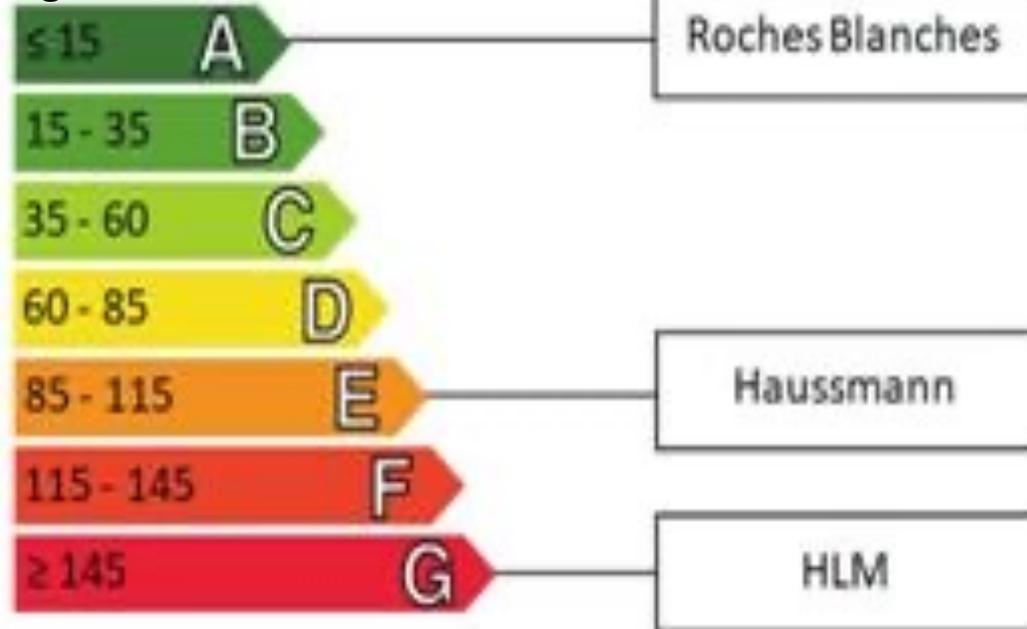
ACV, résultats

Performances environnementales : émissions de gaz à effet de serre



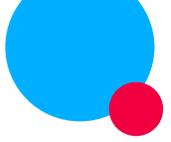
High environmental performance

Kg CO₂/m²/an



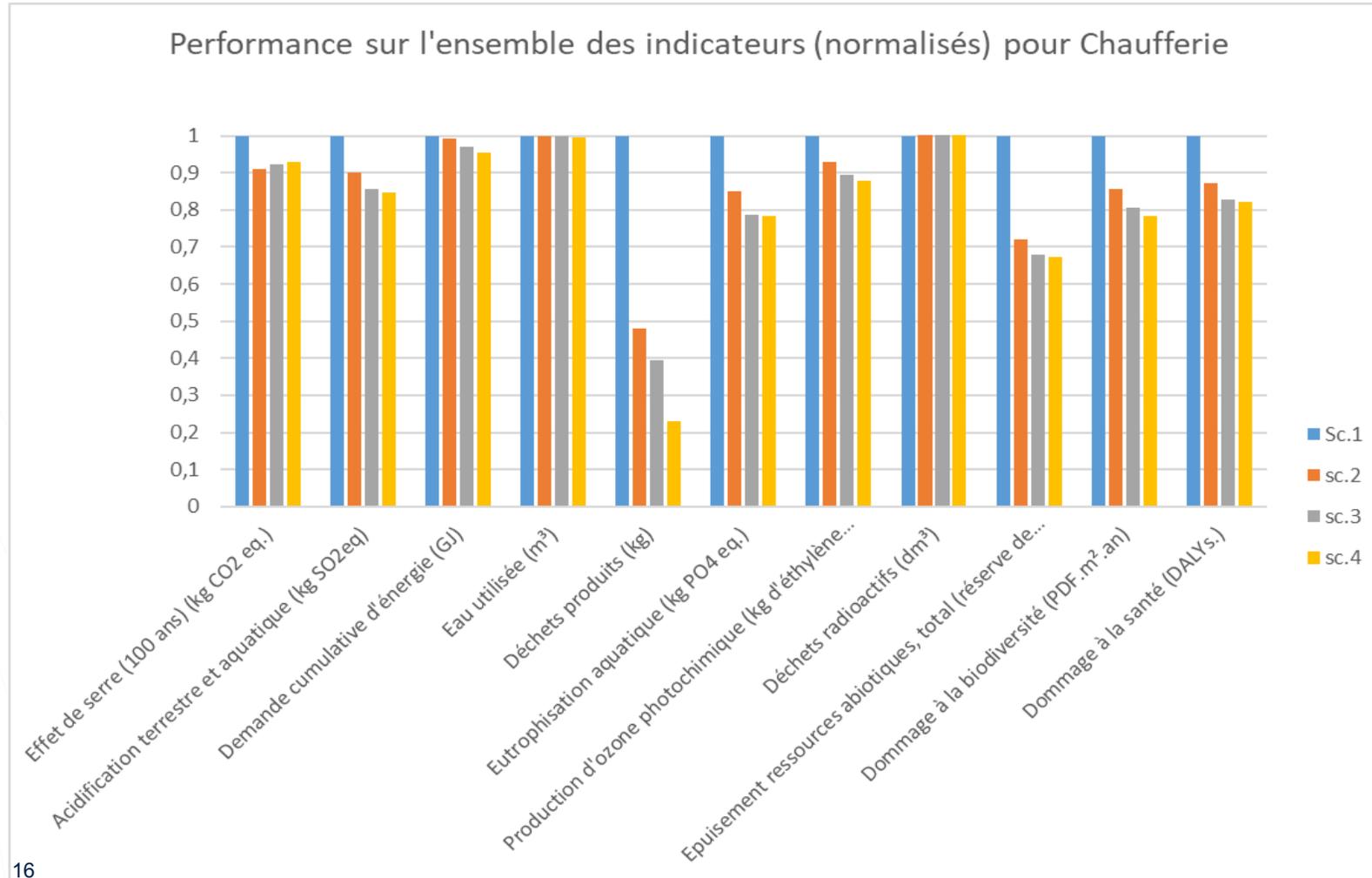
Low environmental performance

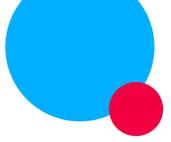
Comparaison à des références, ex. kg CO₂/m²/an



ACV, résultats

Performances environnementales : autres indicateurs





Optimisation sur un parc de logements sociaux

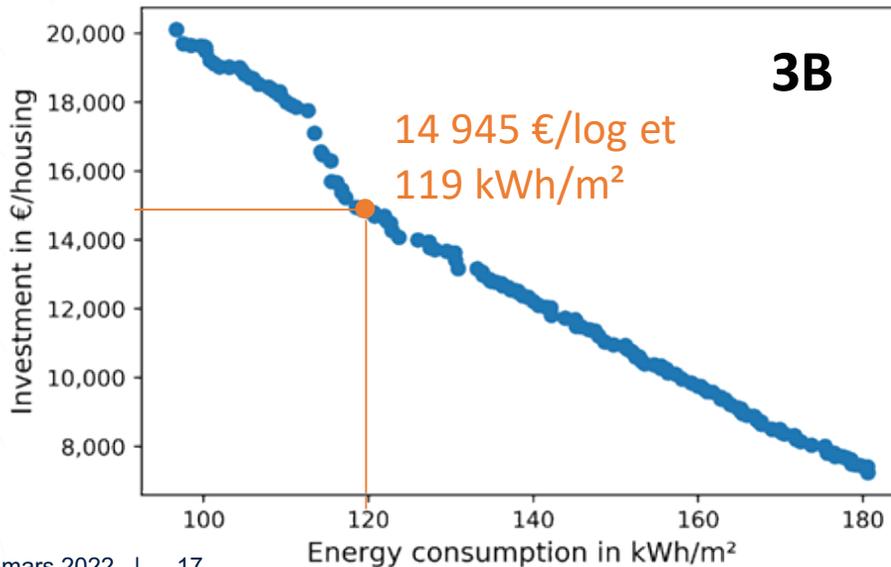


2 quartiers à Montreuil

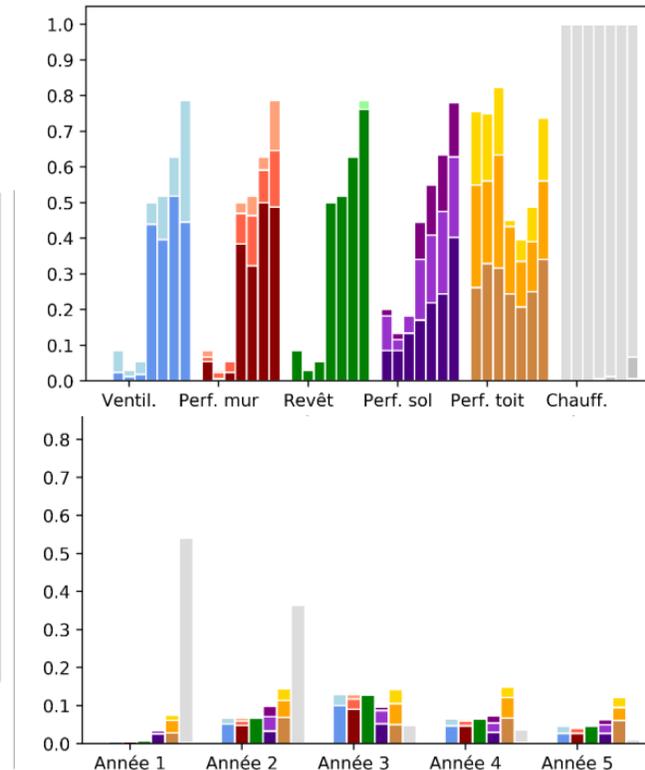
Mesures d'amélioration :

Programme sur 5 ans, budget annuel limité

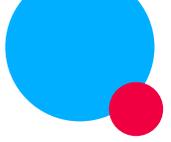
Méthode :
algorithme génétique
-> front de Pareto



Proportion des solutions (1 = 100%)



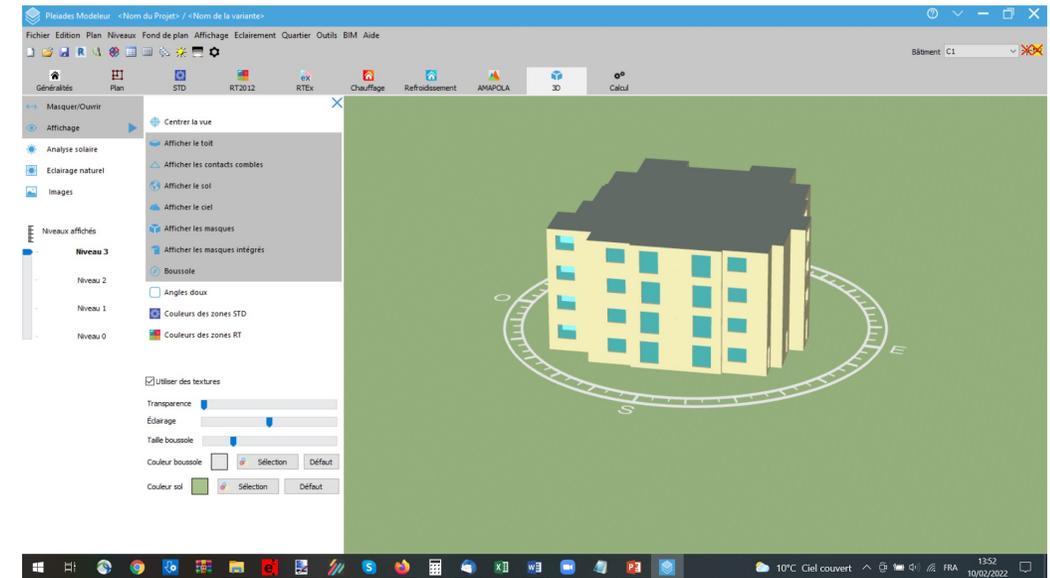
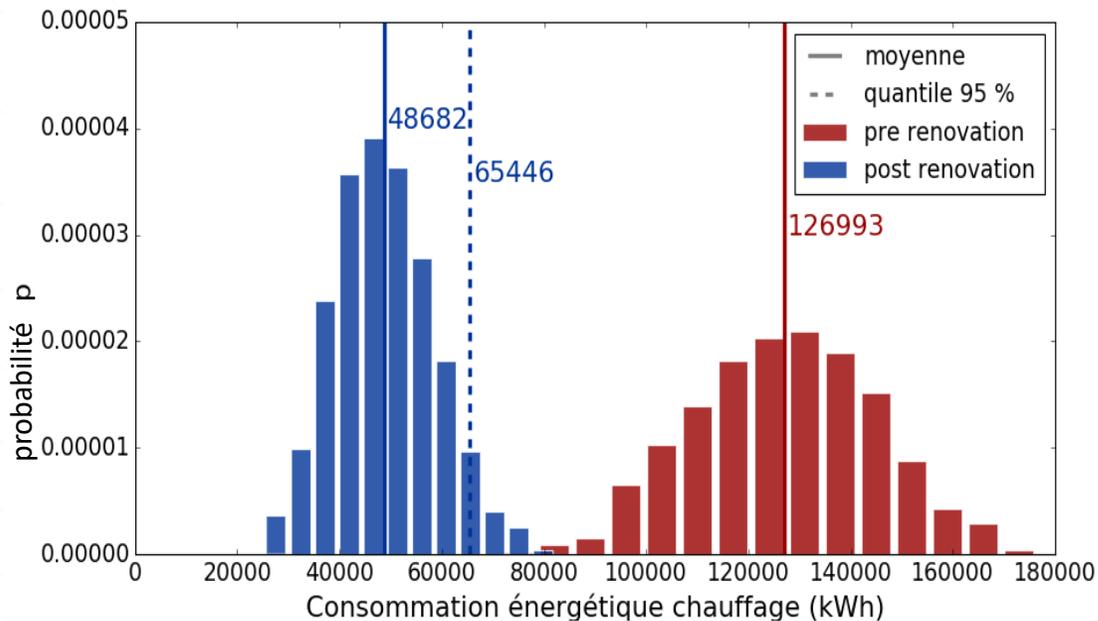
- Ventil SF
- Ventil DF
- Mur CITE
- Mur RT2012
- Mur Enerphit
- Enduit
- Bardage
- Sol CITE
- Sol RT2012
- Sol Enerphit
- Toit CITE
- Toit RT2012
- Toit Enerphit
- Light
- Prod Gaz
- RCU



Garantie de performance

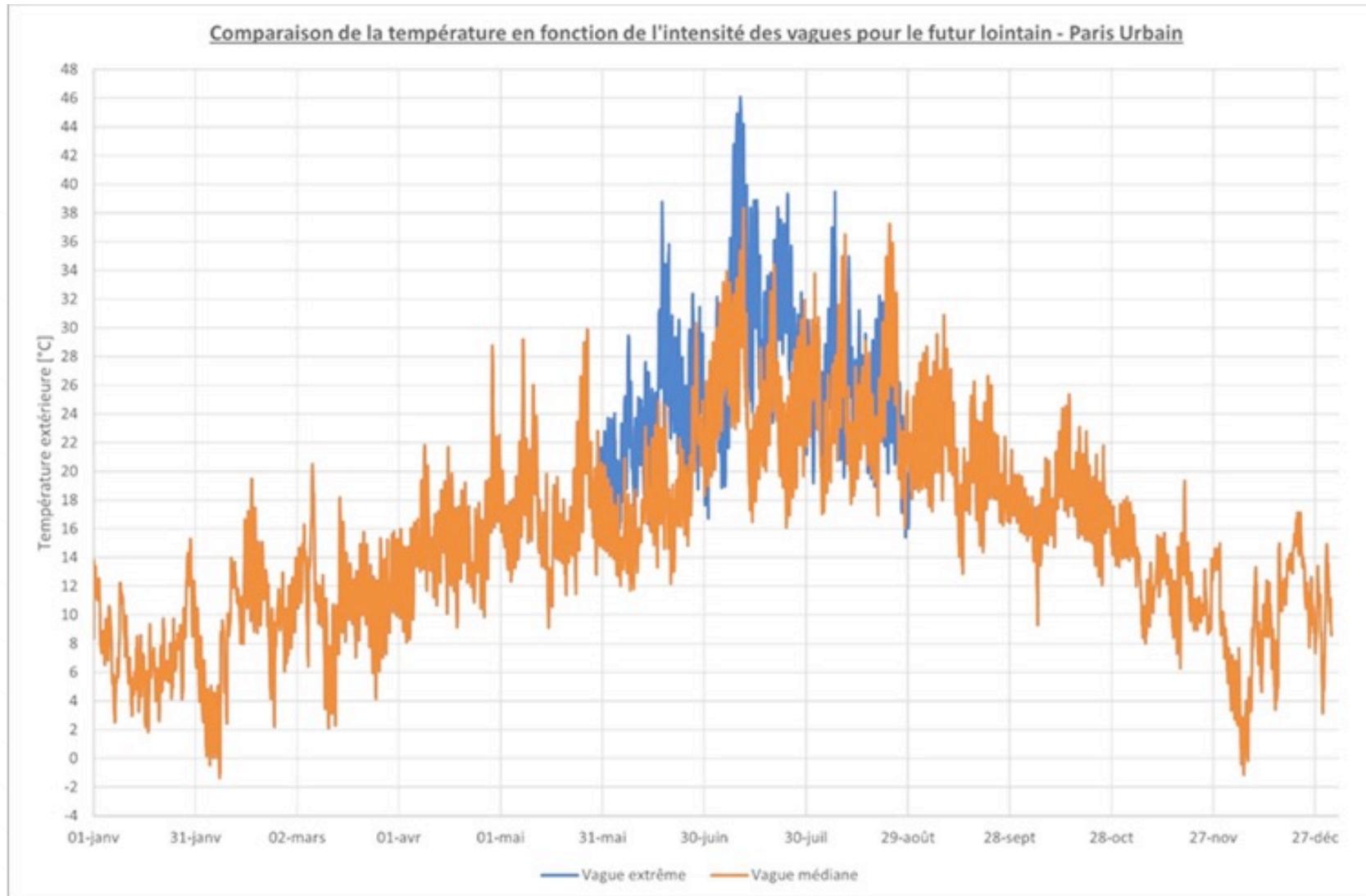
- Modèle avant travaux
→ référence
- Modèle après travaux
→ étude GPE relative

Exemple :
immeuble de
16 logements
à Feyzin (69)



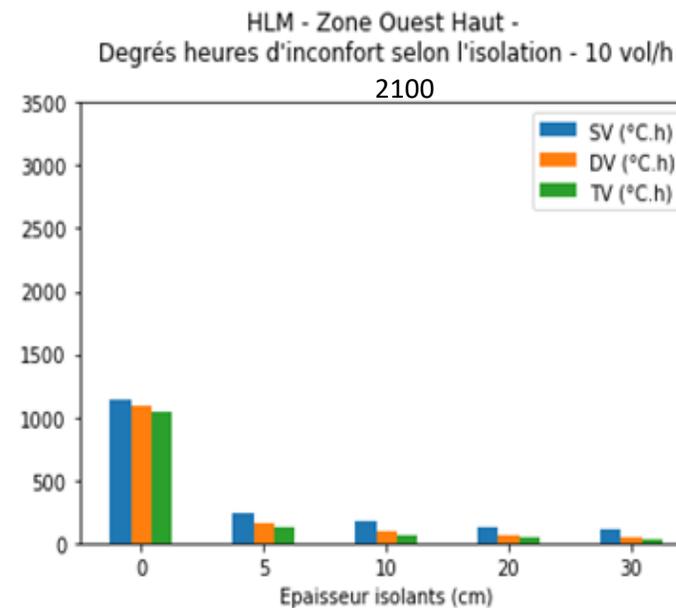
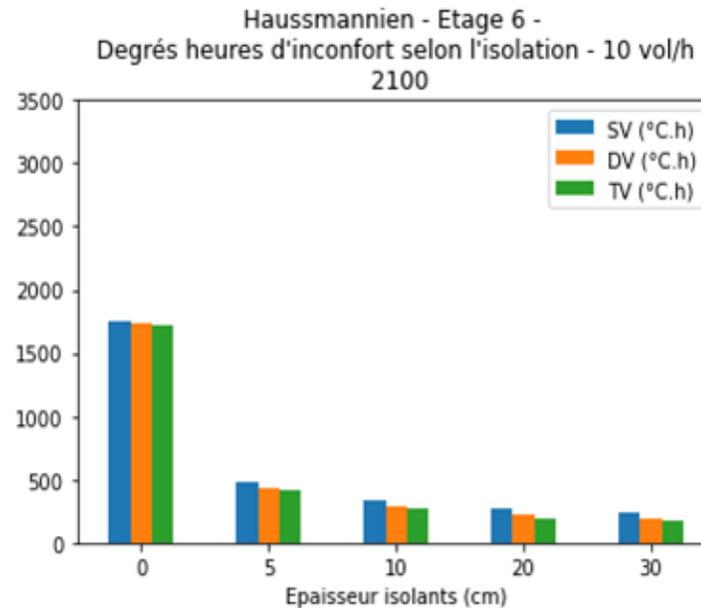
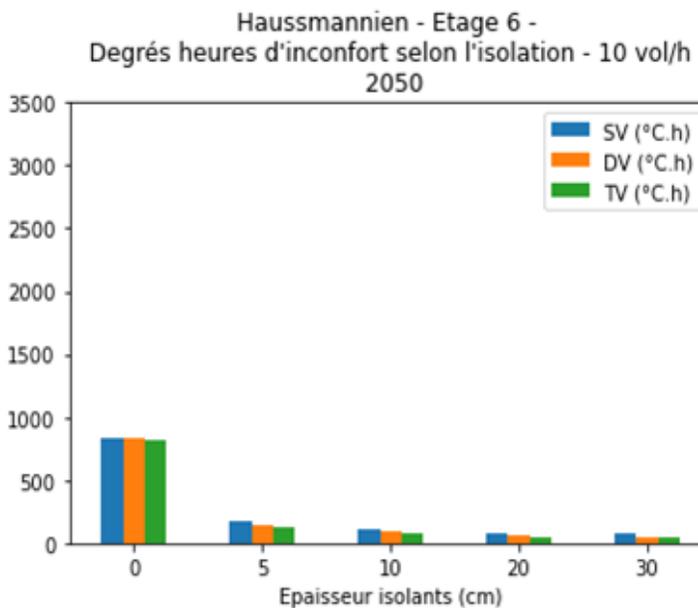
Calculs d'incertitude -> maîtrise du risque

Résilience face aux canicules

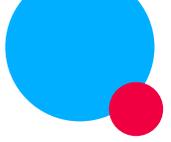


Données climatiques prospectives élaborées par MétéoFrance
Horizon 2050 et 2100, vagues de chaleur médianes ou extrêmes

Résilience face aux canicules



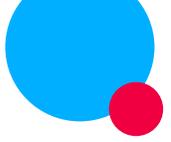
Simulations thermiques dynamiques : évaluation de diverses mesures d'amélioration (isolation, vitrages)
Comportements : ouverture des fenêtres la nuit en été, usage de protections solaires le jour



Applications de l'intelligence artificielle

Réduction du temps de calcul -> optimisation et incertitudes

- Elaboration de métamodèles à partir de mesures
- Possibilité d'utiliser des mesures virtuelles (résultats de simulation)
- Nombre de données nécessaires à l'apprentissage, période d'apprentissage et de test
- Différents algorithmes (régression linéaire, forêts aléatoires, k plus proches voisins, machine à vecteurs de support...)



Conclusions

Construction neuve = 1% du parc par an

-> urgence de rénover les bâtiments existants

Garantie de performance facilite l'investissement ?

Optimisation multicritères (coûts, impacts)

Résilience face aux canicules

-> outils d'écoconception (STD et ACV, IA), le calcul réglementaire ne suffit pas

Etude de l'application de ces outils en phase amont des projets (plan masse urbain, esquisse architecturale)

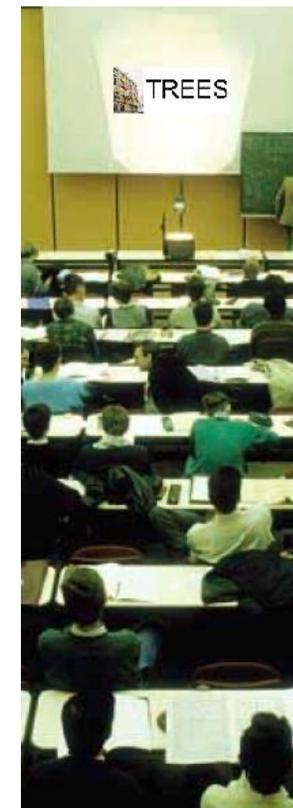
Training for Renovated Energy Efficient Social housing



site web : <http://direns.mines-paristech.fr/Sites/TREES>

Matériel pédagogique (transparents et textes) :

- **Techniques (isolation, vitrages, ventilation, solaire, équipements)**
- **Outils (calculs thermiques, ACV, coûts...)**
- **Etudes de cas (Allemagne, Suède, Norvège, Pays Bas, Hongrie et France)**



Merci de votre attention Des questions ?

Bruno Peuportier
bruno.peuportier@mines-paristech.fr
lab-recherche-environnement.org