

**Journée Futuring Cities
Ville et Énergie Durable
7 octobre 2014**

Eco-conception des bâtiments et des quartiers

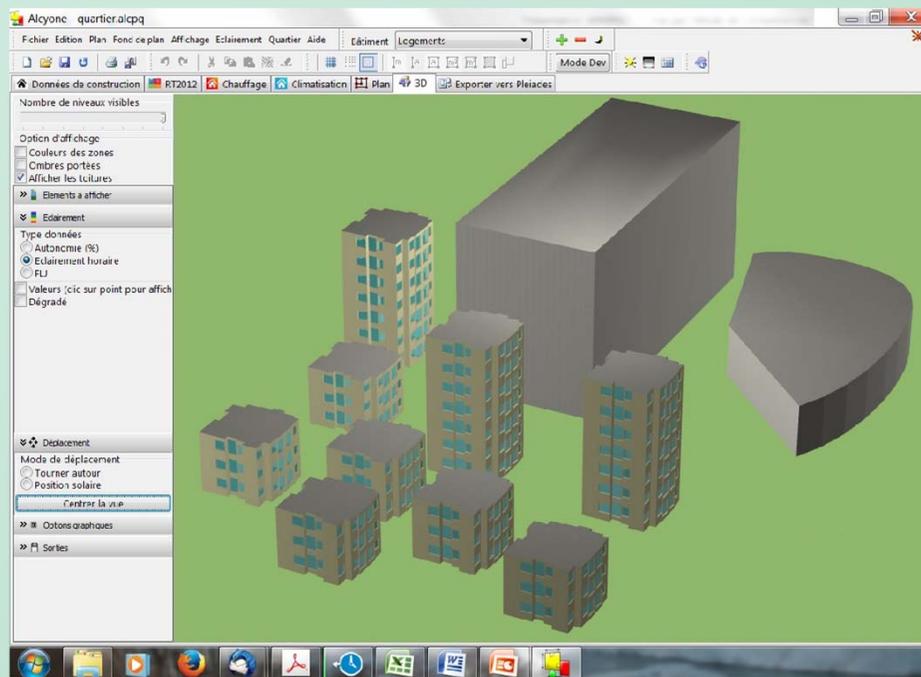
**Bruno PEUपोर्टIER
Mines ParisTech – CES**



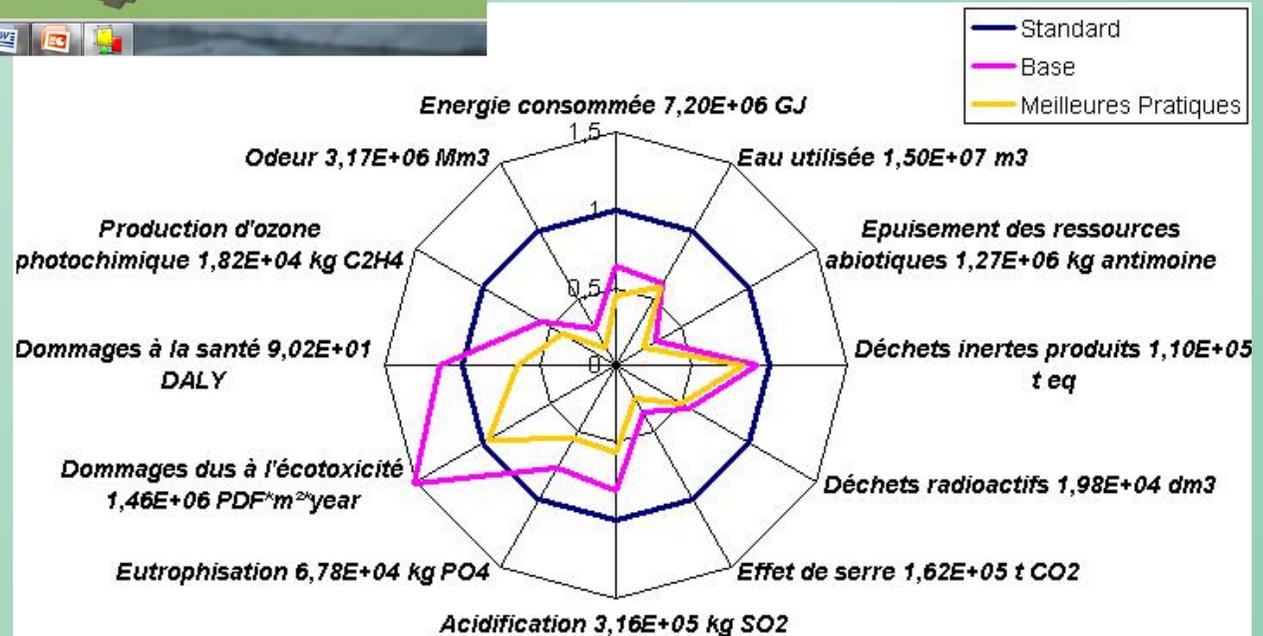
éco-conception

- ▶ **Prendre en compte les aspects environnementaux dans la conception et sur le cycle de vie d'un produit**
- ▶ **Préservation des ressources (énergie, eau, matériaux, sol),**
- ▶ **protection des écosystèmes, au niveau planétaire (climat, ozone), régional (forêts, rivières...), local (déchets ultimes, qualité de l'air...)**
- ▶ **Liens environnement-santé**

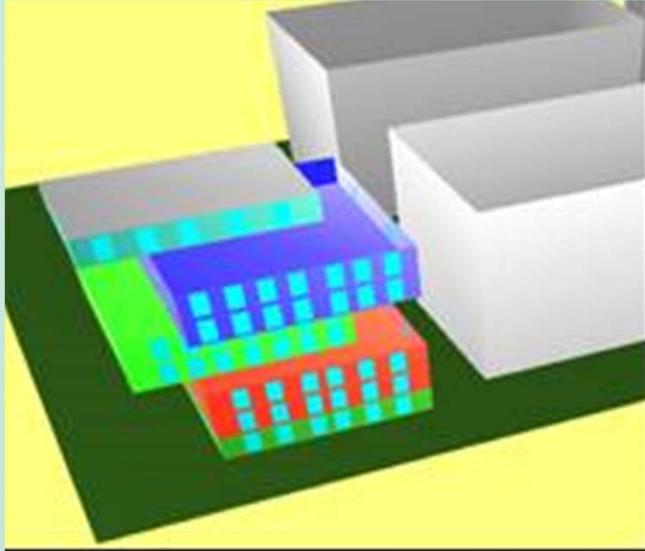
Exemple, comparaison de variantes



De la maquette numérique urbaine à l'évaluation des impacts environnementaux



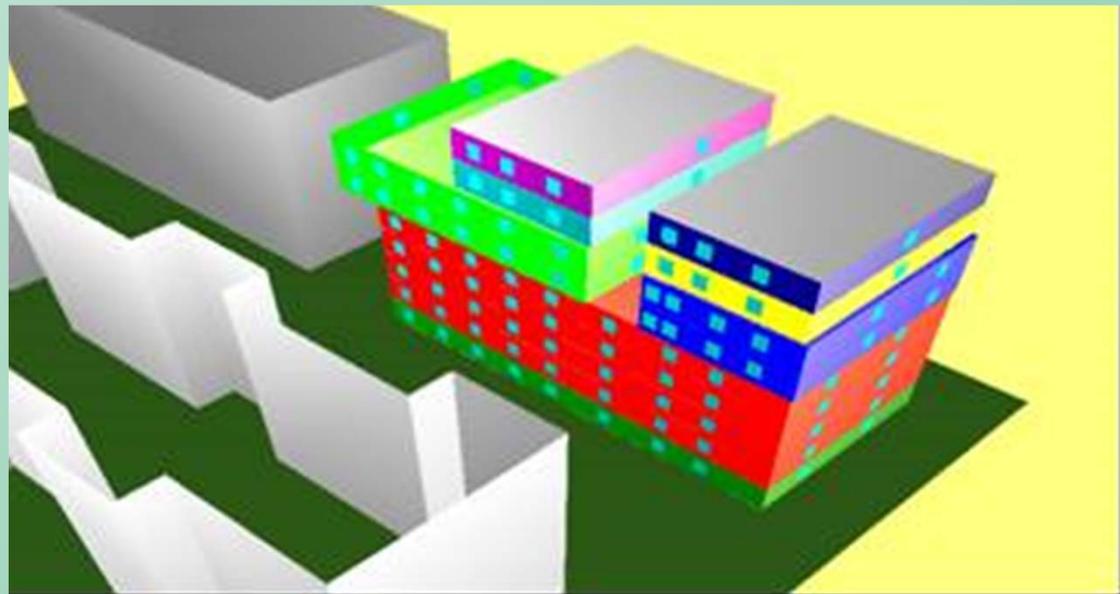
Différentes morphologies, Lyon Confluence



**Bâtiment 1, peu compact,
Exposition Nord**

**Variation de 1 à 3 des besoins de
chauffage selon l'architecture :
bâtiments 1 et 10 (mêmes
technologies)**

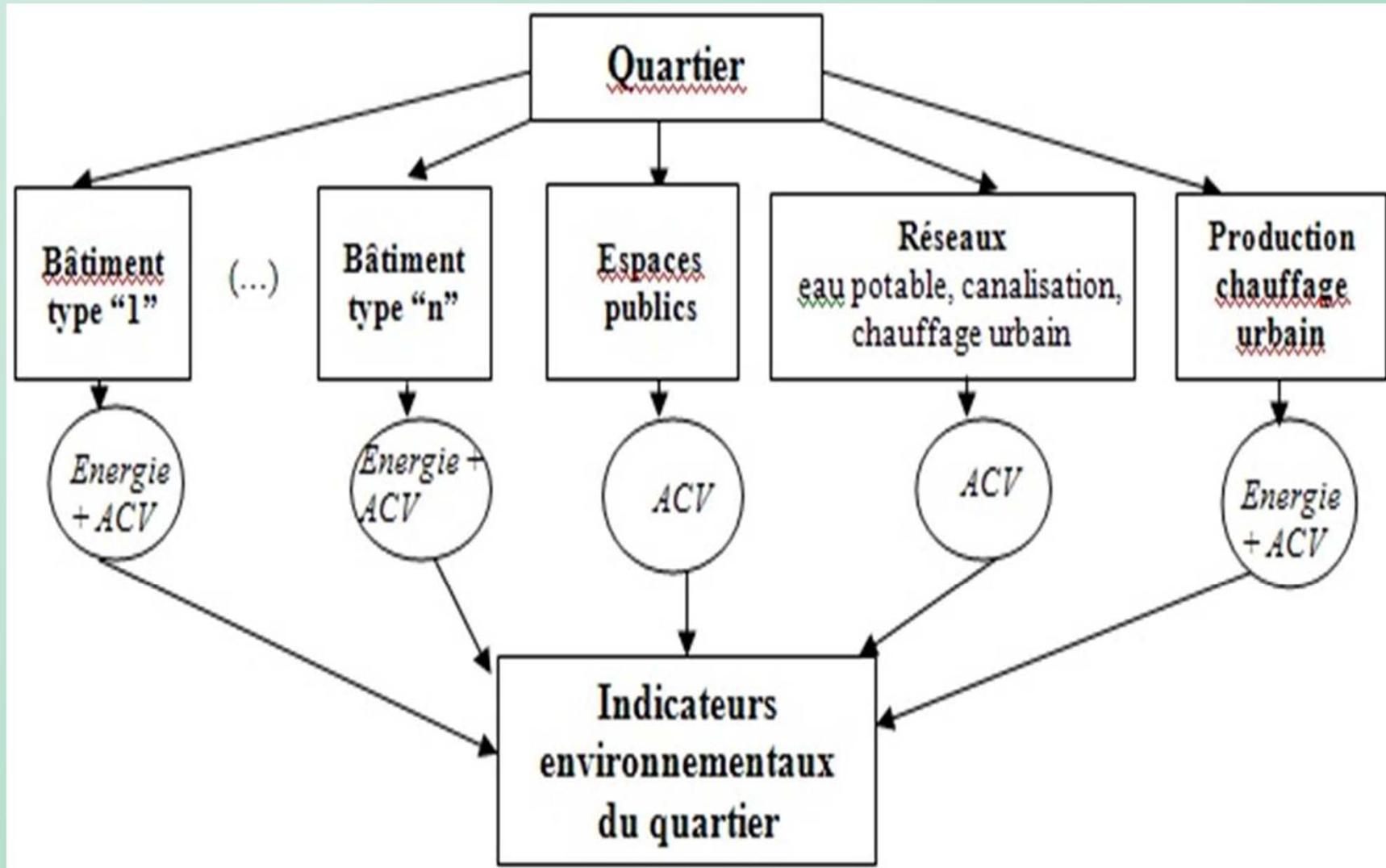
Bâtiment 10, orienté Sud



Activités de recherche, chaire éco-conception

- ▶ **ENPC** : simulation des transports et de l'usage des sols, évaluation des émissions de polluants liées au trafic routier, modélisation du stationnement
- ▶ **Agro** : évaluation de la performance d'un quartier en termes de biodiversité, étude d'impact d'une infrastructure routière
- ▶ **EMP** : analyse de cycle de vie des quartiers (CES avec le CMA), étude de la réhabilitation, élaboration de stratégies de gestion énergétique des bâtiments (avec le CAS)

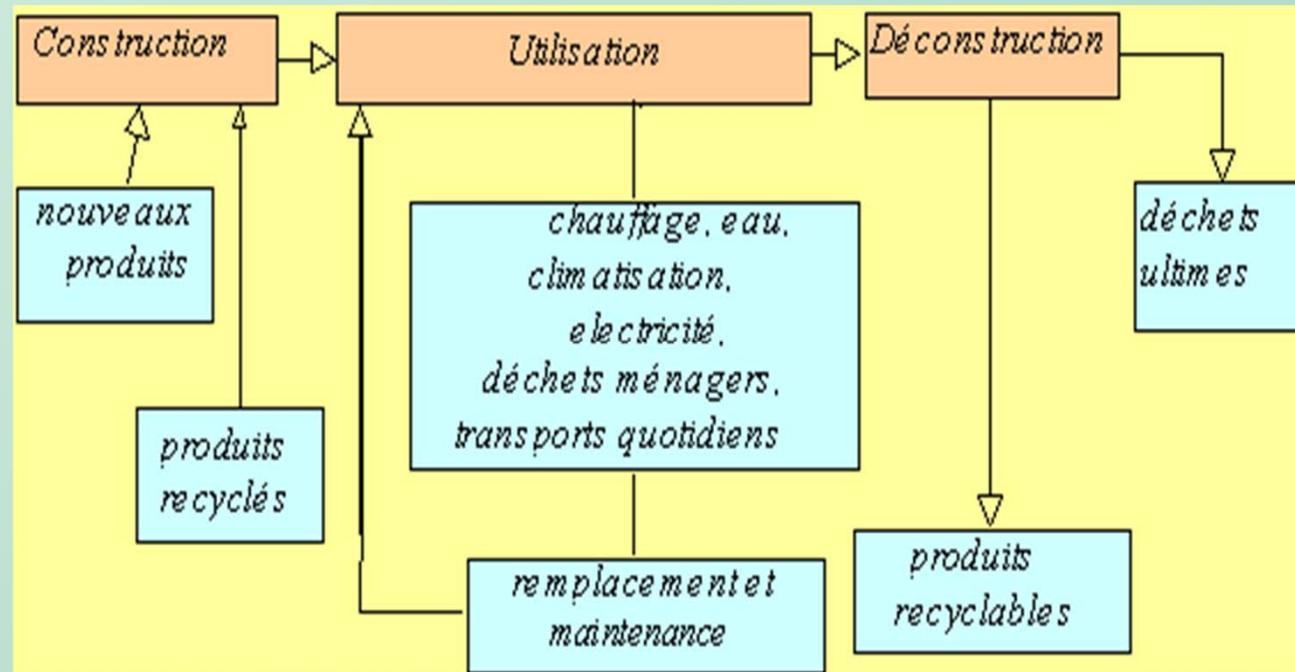
Modélisation du quartier, objets structurés



Evaluation de la performance environnementale des quartiers par ACV

Thèses Emil Popovic (2006) puis Grégory Herfray (2011)

- Simulation du cycle de vie



- Indicateurs environnementaux (énergie, eau, déchets, CO₂, santé...)
- Application à des études de cas : Lyon Confluence, Cité Descartes à Marne la Vallée, ZAC Claude Bernard à Paris

Exemple d'application : Cité Descartes (77)

- ▶ Etude d'un projet d'aménagement le long du boulevard du Ru de Nesles
- ▶ 23 000 m² de logements, 10 000 m² de bureaux, 5 000 m² de commerces, école 2 000 m², espaces verts : 38 000 m², voiries : 13 000 m²
- ▶ Objectif : aide à la conception en phase amont (plan masse, esquisse)
- ▶ Situer les performances par rapport aux meilleures pratiques (quartier Vauban, quartier basse énergie ou à énergie positive)

Comparaison aux bonnes pratiques



Projet dans la Cité Descartes

**Passif
(Quartier Vauban)**



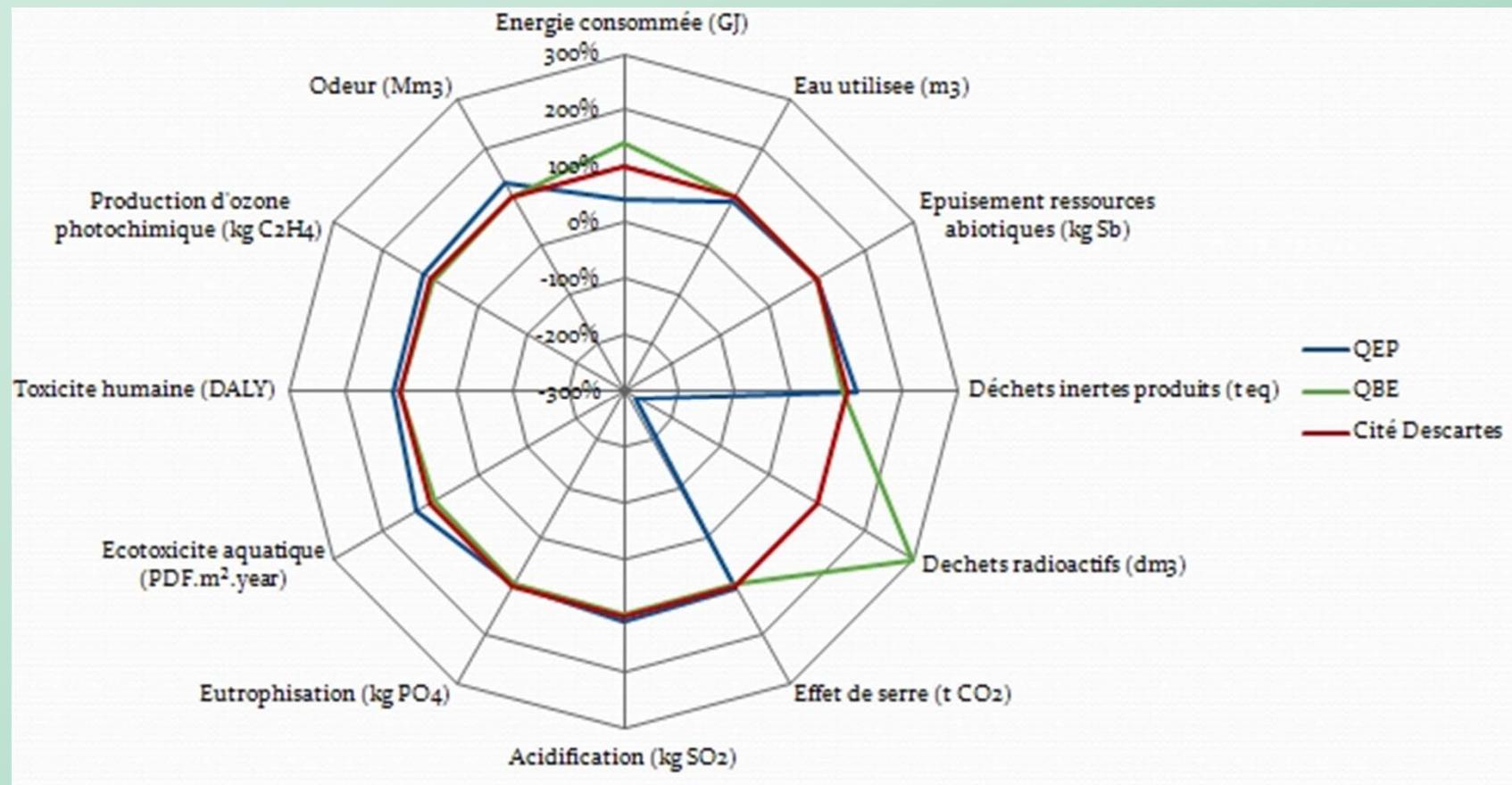
**Energie positive
(Architecte : Rolf Disch)**



Principales hypothèses

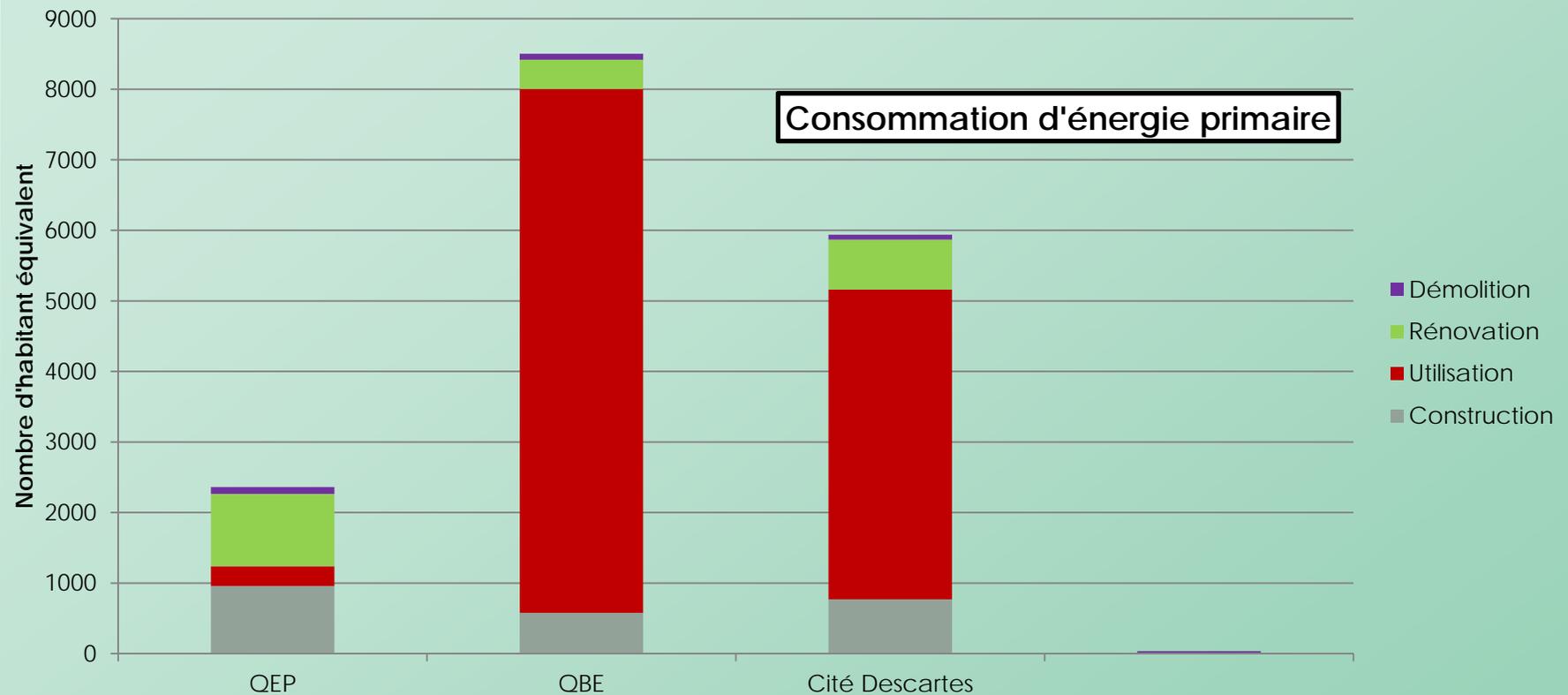
- ▶ Durées de vie : ex. 80 ans pour les bâtiments, 30 ans pour les fenêtres, 10 ans pour les revêtements...
- ▶ Fin de vie : mise en décharge sauf les métaux (recyclés)
- ▶ Distance de transport : 100 km (fabrication -> site), 20 km (site -> décharge), 100 km (site -> recyclage)
- ▶ Mix de production d'électricité : 78% nucléaire, 14% hydro, 4% gaz, 4% charbon + 9% pertes du réseau
- ▶ Scénarios d'usage : chauffage à 20°C
- ▶ Consommation d'eau froide 100 l/personne/jour (40 eau chaude) en logement, 20% pertes du réseau d'eau
- ▶ Déchets ménagers et transport supposés équivalents pour toutes les alternatives, non pris en compte dans un premier temps

Résultats de l'ACV



à unité fonctionnelle égale (nombre d'habitants)

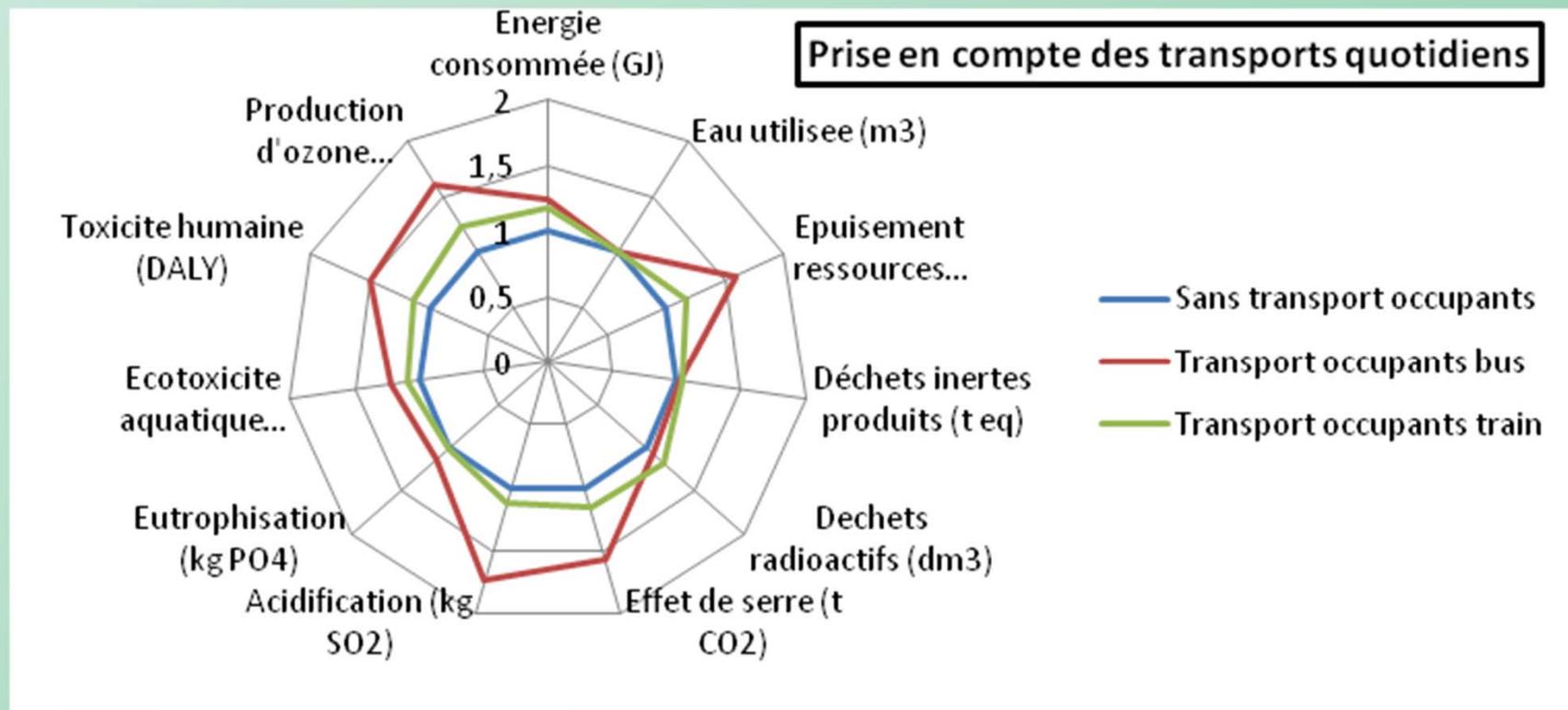
Résultats d'ACV, bilan en énergie primaire



- Étape d'utilisation = 87% pour la variante passive, 74% pour la Cité Descartes, mais seulement 12% pour la variante à énergie positive
- Energie positive : 11 kWh/m²/an (énergie « grise », éclairage des rues...), Passif : 49 kWh/m²/an, Cité Descartes: 34 kWh/m²/an

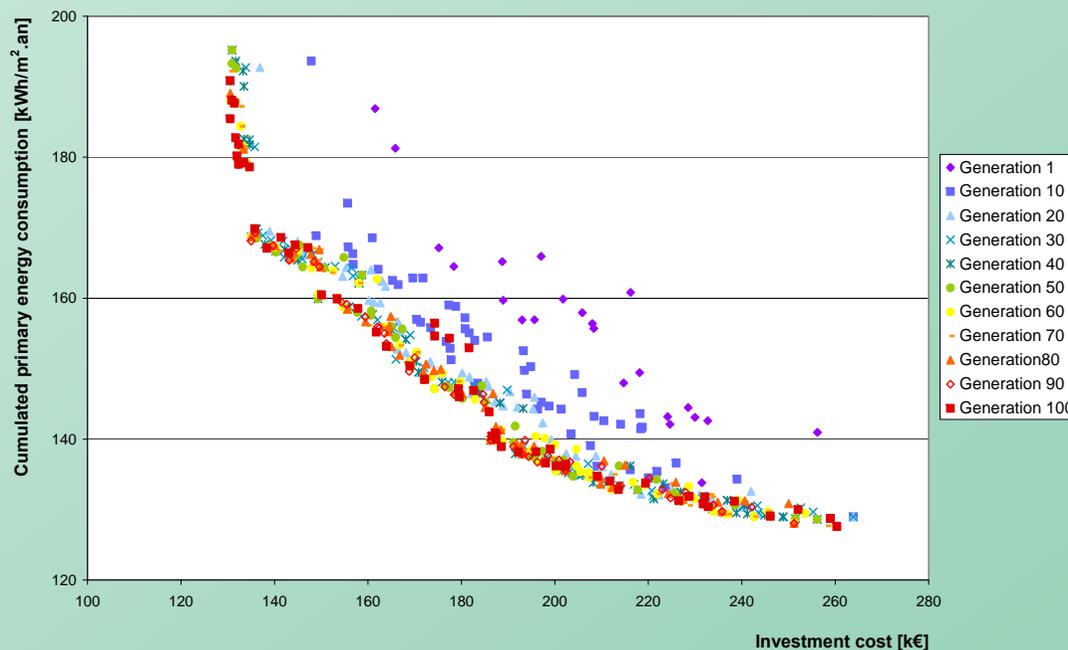
Approche intersectorielle Bâtiment – Transport

- Distance domicile travail 5 km, commerces 1 km, réseau de transport en commun 500 m
- 80% des occupants des logements effectuent le trajet domicile travail 5 fois par semaine en transports en commun et le trajet domicile commerce une fois par semaine en voiture



Réhabilitation d'un parc de bâtiments

- ▶ Optimisation, algorithmes génétiques
- ▶ 2 Chromosomes : 1 mesures (gènes = isolation, vitrage, ventilation, équipement), 2 phases (5 ans, 10 ans...)
- ▶ Population de départ, calcul performances (chauffage, coût, DH inconfort), croisements -> nouvelle population, sélection des meilleurs individus -> 100 générations, front de Pareto



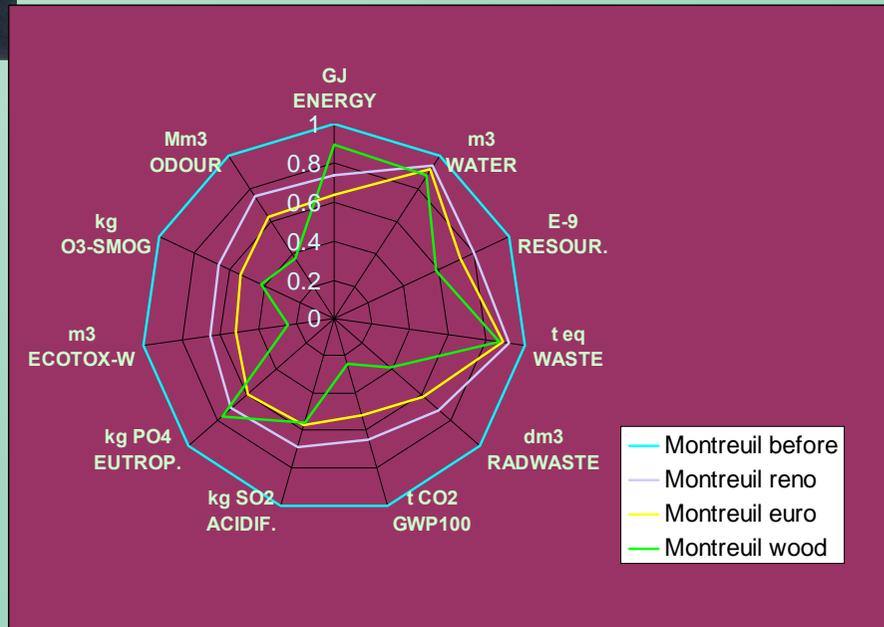
**Thèse Mathieu
Rivallain (2013)**

Réhabilitation d'un bâtiment HLM à Montreuil



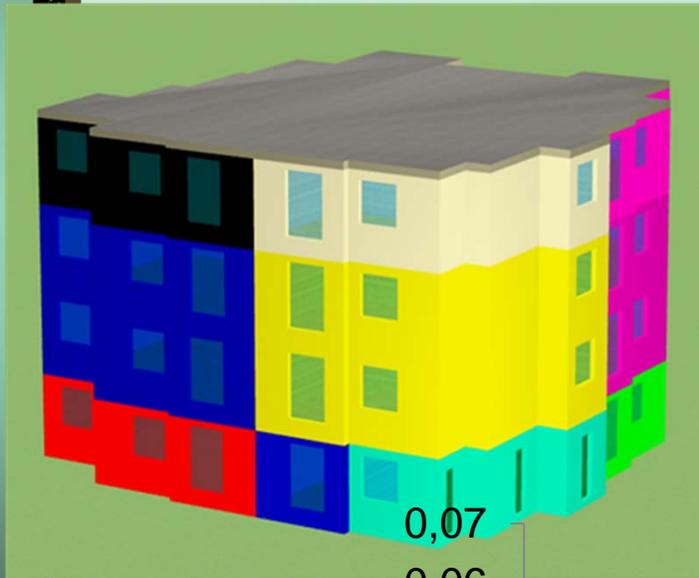
Projet européen REGEN LINK

Construction : 1969, non isolé, simple vitrage
Besoins de chauffage avant réhabilitation: 160 kWh/m²/an, 80 après



Garantie de performance

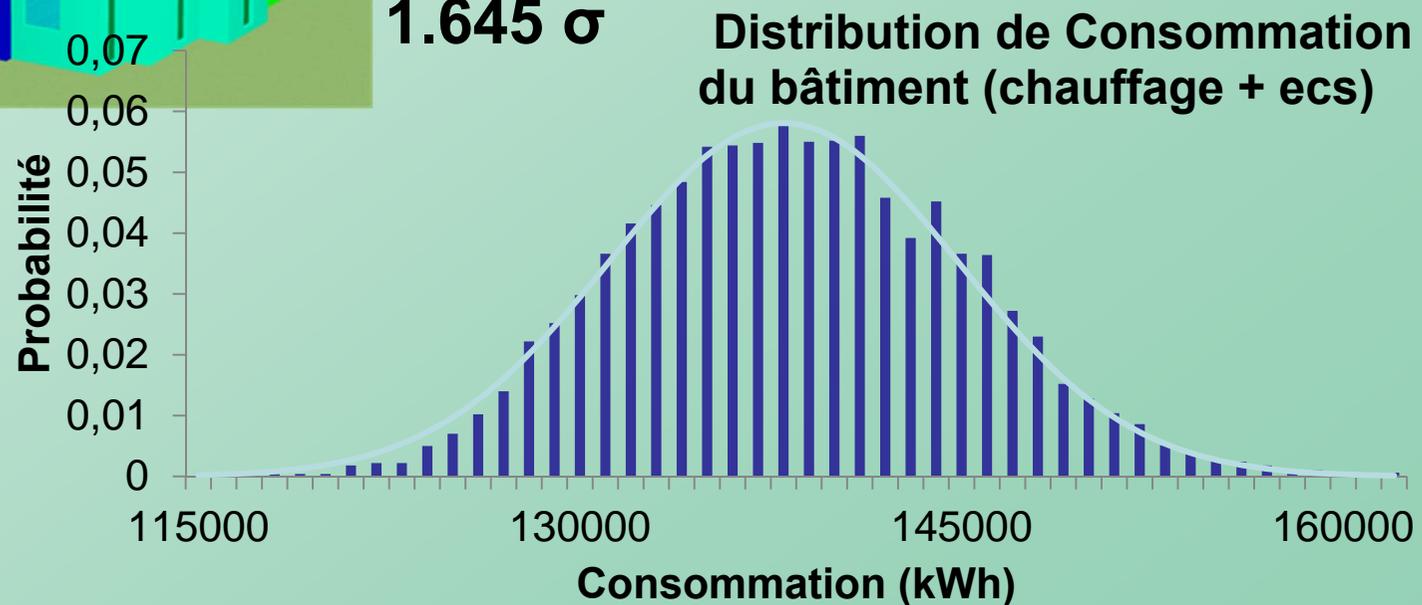
Propagation d'incertitudes



**Sélection des paramètres d'entrée
les plus influents et incertains**

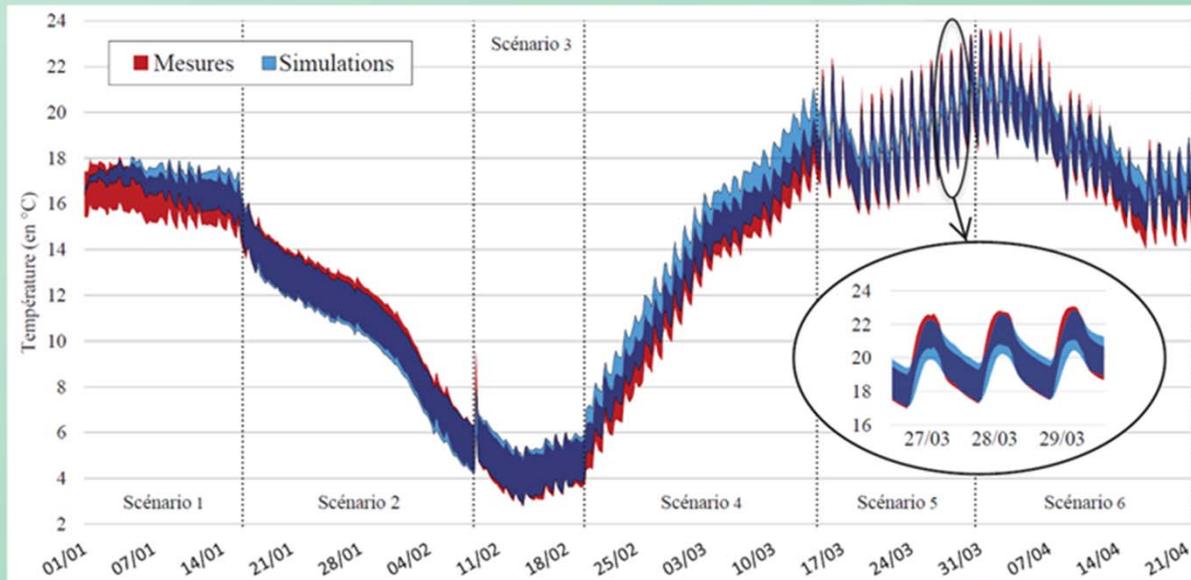
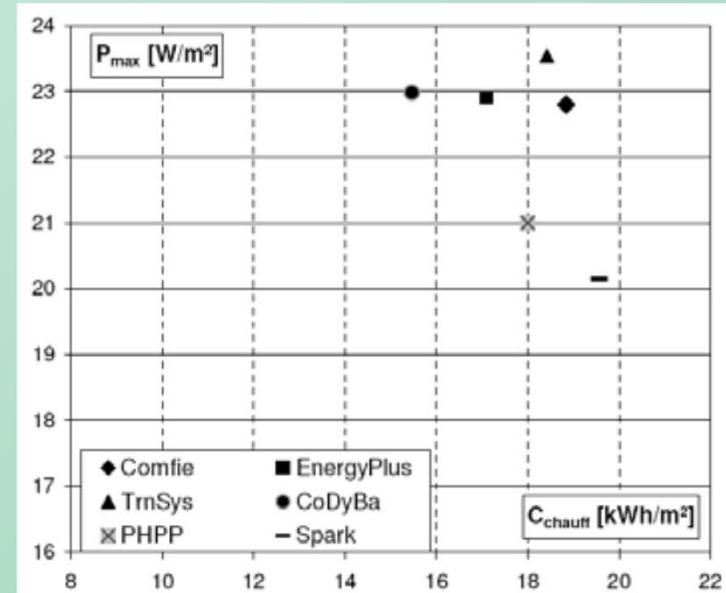
**Méthode de Monte Carlo ->
incertitudes sur les sorties**

**5% de risque -> 95 % de
consommations inférieures à $\mu +$
 1.645σ**



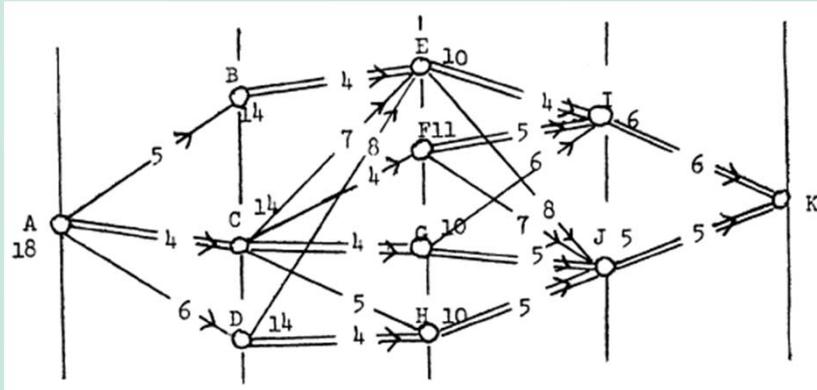
Simulation thermique, validation

► Maisons INCAS, Chambéry



**EQM
Comparable
à
EnergyPlus**

Etude de stratégies de gestion

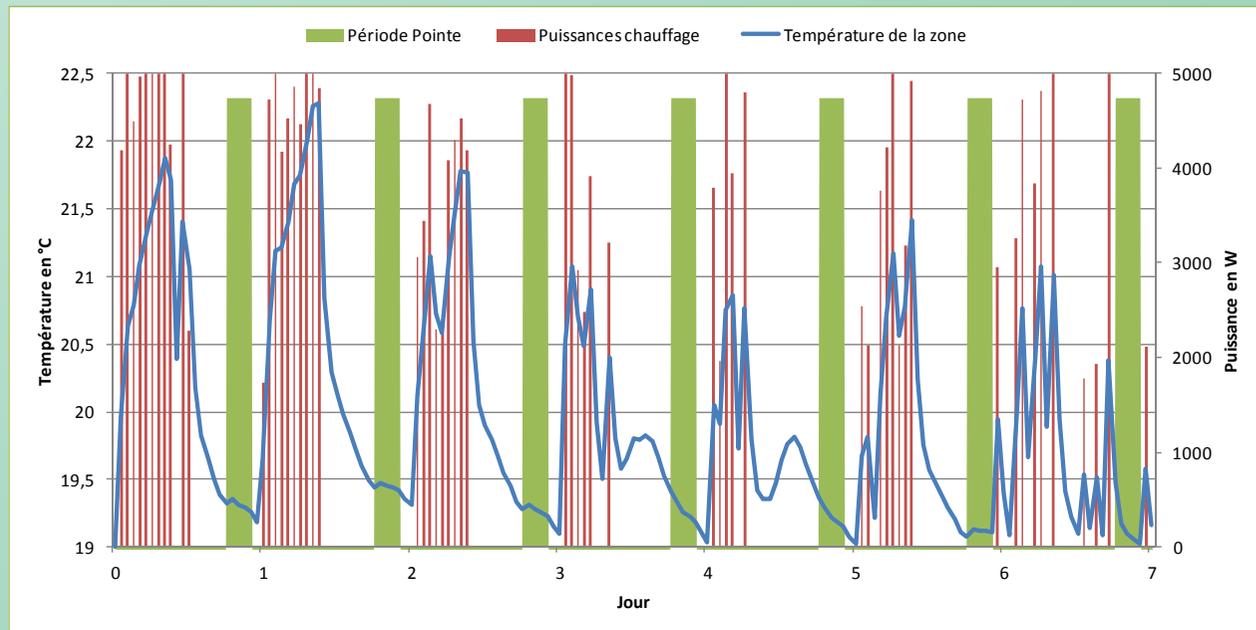


Programmation
dynamique
Équation de Bellman

Exemple : effacement des
pointes électriques

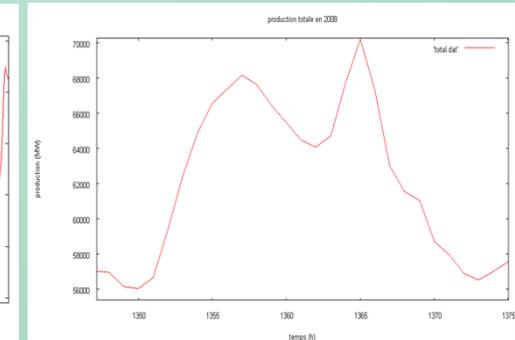
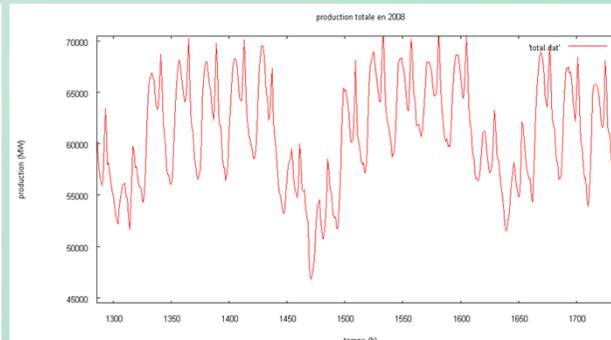
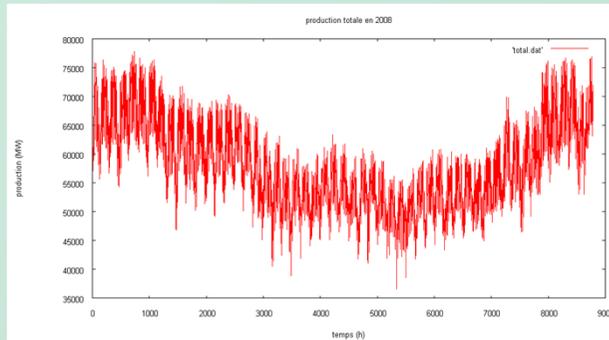
Thèse
Bérenger Favre
(2013)

Liens avec le
CAS

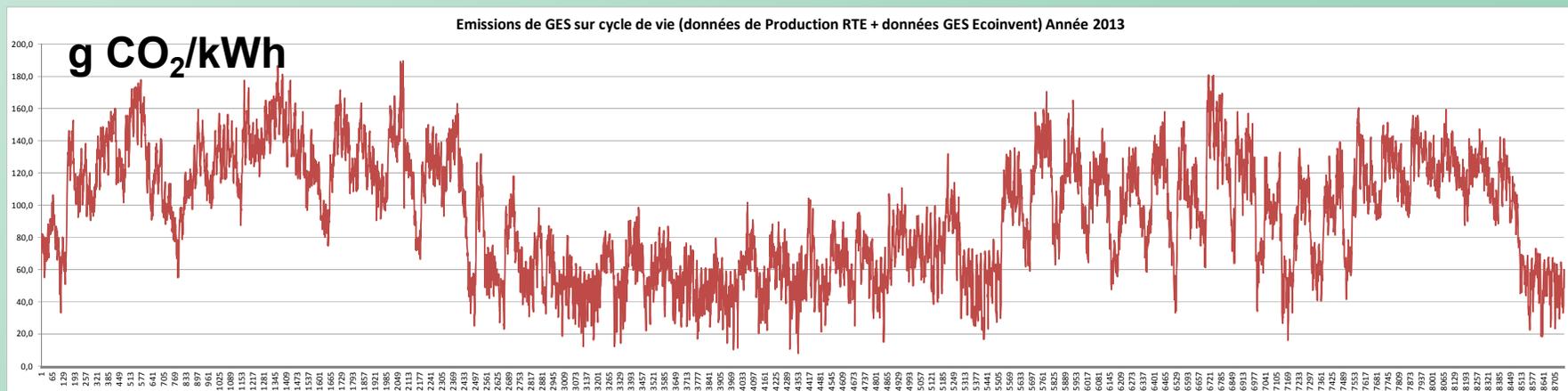


ACV dynamique

Données RTE -> modèle de mix selon saison, θ , jour, heure



Importations, hypothèses sur la production dans différents pays
Variation temporelle des impacts environnementaux (8 à 190 g CO₂/kWh)



Conclusions

- ▶ Des outils existent pour l'éco-conception des bâtiments et des quartiers
- ▶ Possibilité d'atteindre le niveau des meilleures pratiques européennes
- ▶ Intérêt des énergies locales et renouvelables
- ▶ Matériaux deviennent importants, évaluation par bilan sur le cycle de vie
- ▶ Analyses de sensibilité, notamment sur les scénarios liés aux occupants et sur la durée de vie des bâtiments
- ▶ Amélioration de la précision par un modèle dynamique
- ▶ Intégrer des niveaux de performance dans les programmes, ex. Lyon Confluence (CO₂ et rad.)