

5^{ème} Conférence de la Chaire d'Éco-conception

Des ensembles bâtis et des infrastructures

8 novembre 2013

Simulation du cycle de vie à l'échelle micro-urbaine

Bruno PEUPORTIER, MINES ParisTech, CES

Écoles de ParisTech qui portent la Chaire

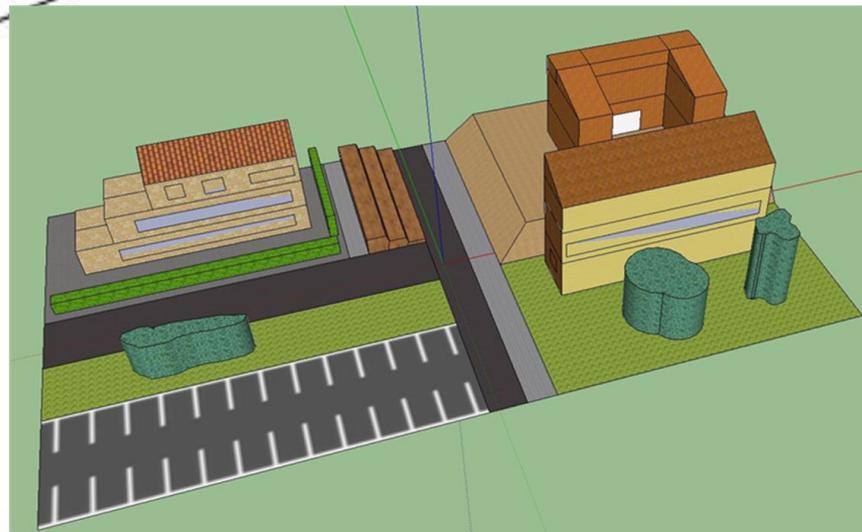
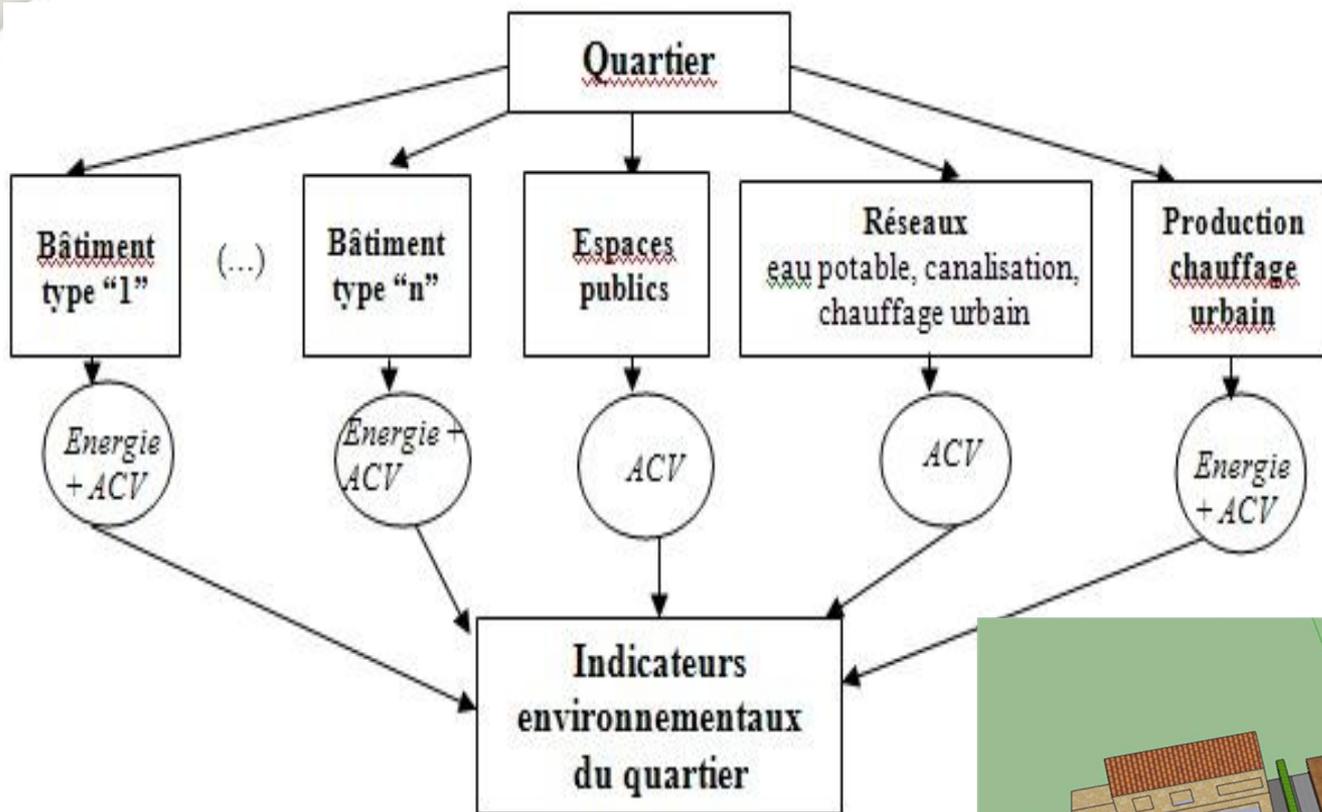


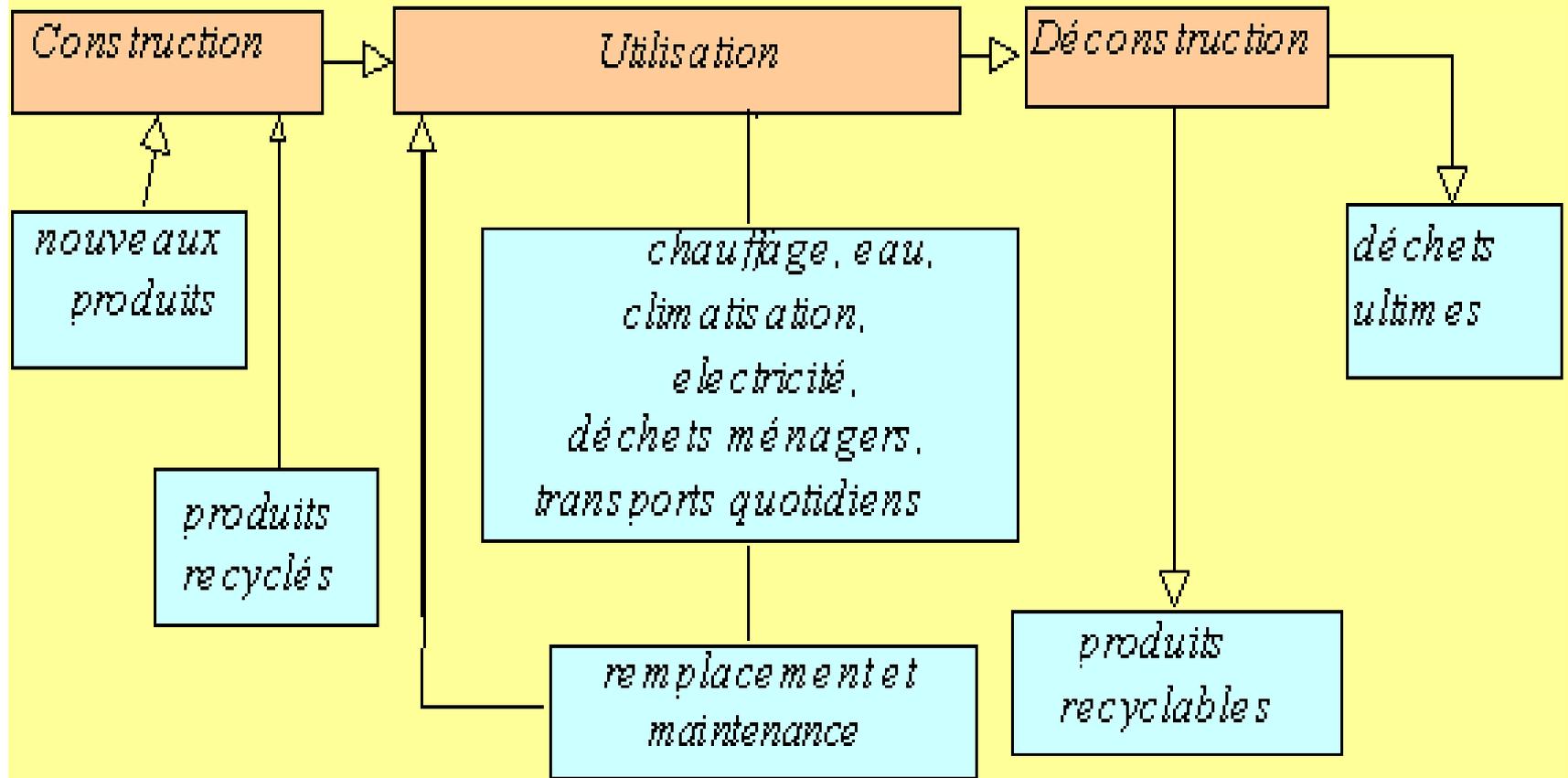
AgroParisTech



- Succès des « éco-quartiers » mais concept flou
- Importance des risques -> besoin d'une gestion plus rigoureuse de la question environnementale et urbaine, portée par les agendas 21, PADD, chartes...
- Eco-conception : démarche développée initialement dans l'industrie (années 70), appliquée plus récemment dans le bâtiment (1986) puis à l'échelle des quartiers (2006)
- 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

- Aide au choix d'un site pour un éco-quartier ou un bâtiment, comparaison réhabilitation / reconstruction
- Aide à la programmation (niveaux de performance)
- Aide à la conception, comparaison de variantes urbaines, architecturales et/ou techniques
- Aide à la réalisation (comparaison de produits)
- Aide à la gestion (études sur les usages)
- Aide à la réhabilitation (étude de solutions)
- Fin de vie (intérêt de la déconstruction – recyclage)

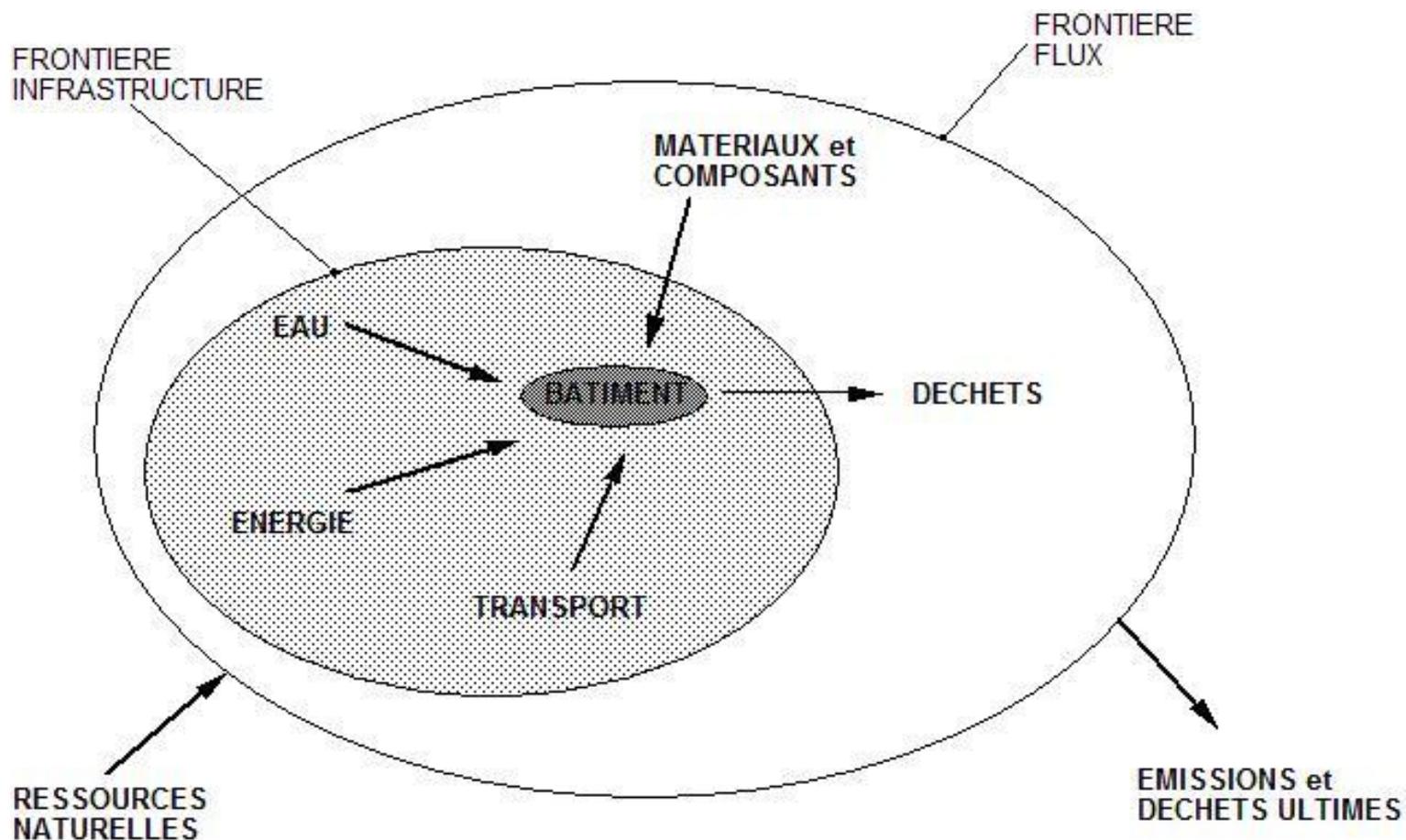




Calcul par pas de temps d'un an

Objectif : éviter le déplacement de pollution dans le temps

- Quantité, exemple : surfaces de bâtiments ou nombre de personnes
- Fonctions, exemple : logements, bureaux
- qualité de la fonction, exemple : confortable, 20° C à 26° C, clair, calme, ventilé,...
- Temps, exemple : 1 an
- Plus complexe à définir à l'échelle d'un quartier



Objectif : éviter le déplacement de pollution dans l'espace

- Substances émises et puisées dans l'environnement
- Matières premières, combustibles...
- Émissions dans l'air
- Émissions dans l'eau
- Émissions dans le sol, déchets
- Exemple de base de données détaillée (1000 flux), documentée et structurée : www.ecoinvent.ch



- ▶ *Potentiel de réchauffement global*
- ▶ *propriétés optiques des gaz*
- ▶ *équivalent CO₂, sur une durée, 100 ans*
- ▶ $GWP_{100} = kg\ CO_2 + 25 \times kg\ CH_4 + 300 \times kg\ N_2O + \sum GWP_i \times kg\ CFC\ ou\ HCFC_i$
- ▶ *effet (potentiel) et non impact (réel)*

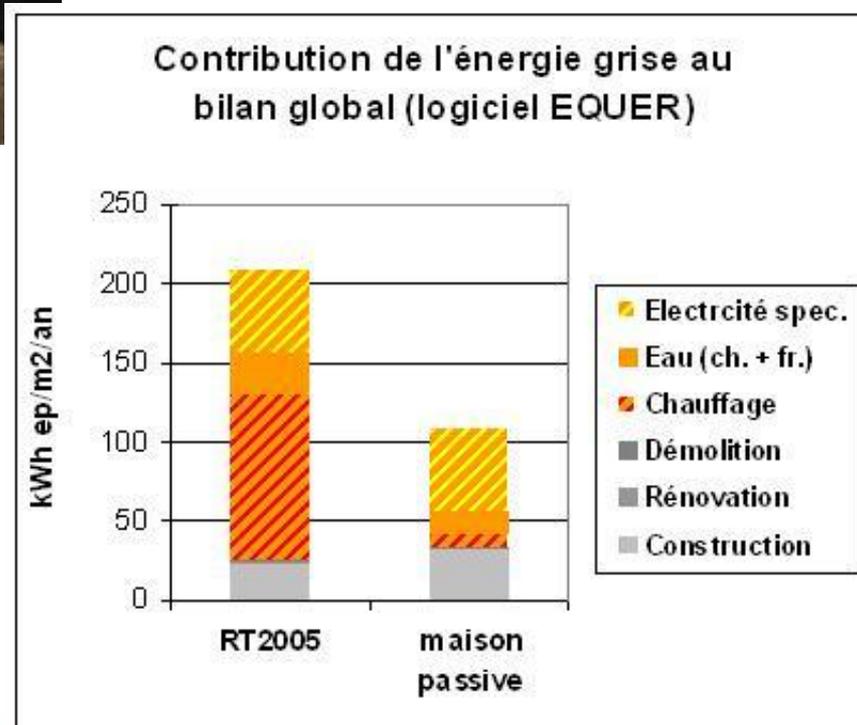
	<i>Unité</i>
<i>Indicateur environnemental</i>	
Demande cumulative d'énergie	GJ
Eau utilisée	m^3
Epuisement des ressources abiotiques	Kg antimoine eq.
Déchets produits	t
Déchets radioactifs	dm^3
Effet de serre (100 ans)	t CO ₂ eq.
Acidification	kg SO ₂ eq.
Eutrophisation	kgPO ₄ ³⁻ eq.
Domage à la biodiversité	PDF*m ² .an
Domage à la santé	DALY
Production d'ozone photochimique	kg C ₂ H ₄ eq.
Odeur	m^3 air

Objectif : éviter le déplacement d'un impact à un autre

- Exemple, comparaison de deux variantes A et B
- Impacts de A < ou > Impacts de B ?
- Différence > incertitudes ?
- Vrai pour tous les impacts ? Sinon, vrai pour les impacts les plus élevés en équivalents habitants ? Évaluation multi-critères à mener avec les autres acteurs (maître d'ouvrage, parties concernées)
- Vrai si on change certaines hypothèses (durée de vie du bâtiment, scénario de fin de vie...) -> analyses de sensibilité

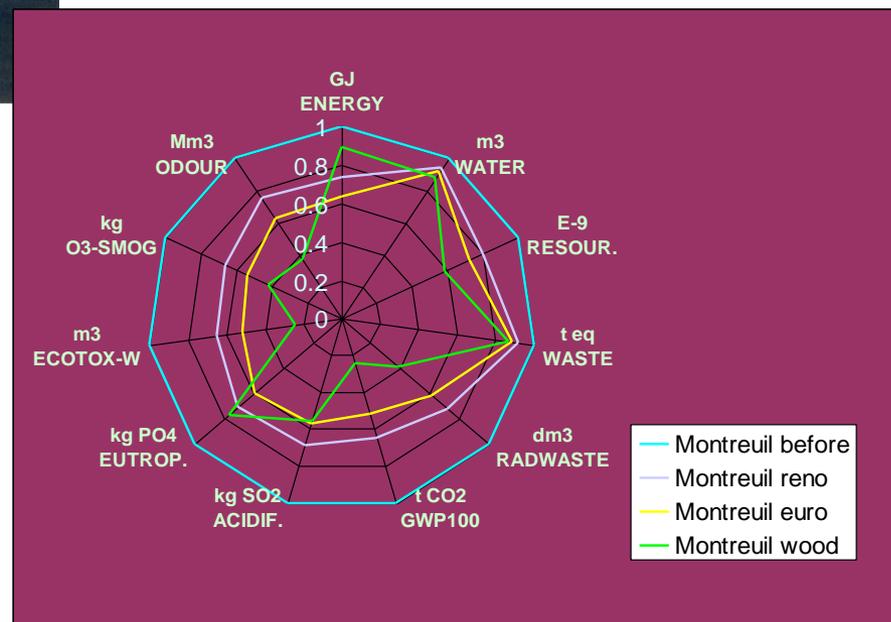


2 maisons passives, Oise, 2 x 135 m²
 Entreprise : Les Airelles
 EN ACT architecture

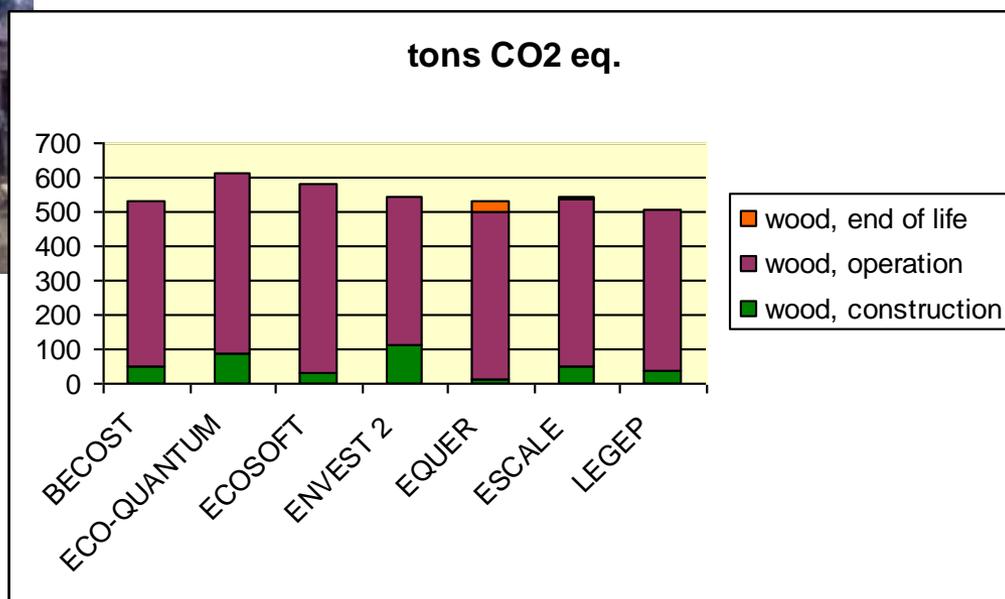




Construction : 1969, non isolé, simple vitrage
Besoins de chauffage avant réhabilitation: 160 kWh/m²/an, 80 après



- Manque de données sur certains produits / procédés
- incertitude sur le futur (gestion des déchets en fin de vie, mix électrique)
- incertitude sur les indicateurs (ex. 35% sur le GWP des gaz autres que le CO₂)
- analyse multicritères
- Non localisation des émissions, pistes : adapter les facteurs de caractérisation en fonction de la localisation (ex urbain/péri-urbain/rural, sol/hauteur)



Maison suisse FUTURA, 210 m², ossature bois,

Chauffage gaz, 80 ans

Écart ± 10% sur le cycle de vie

Cf. <http://www.etn-presco.net/>

- 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)



Projet dans la Cité Descartes

Passif
(Quartier Vauban)

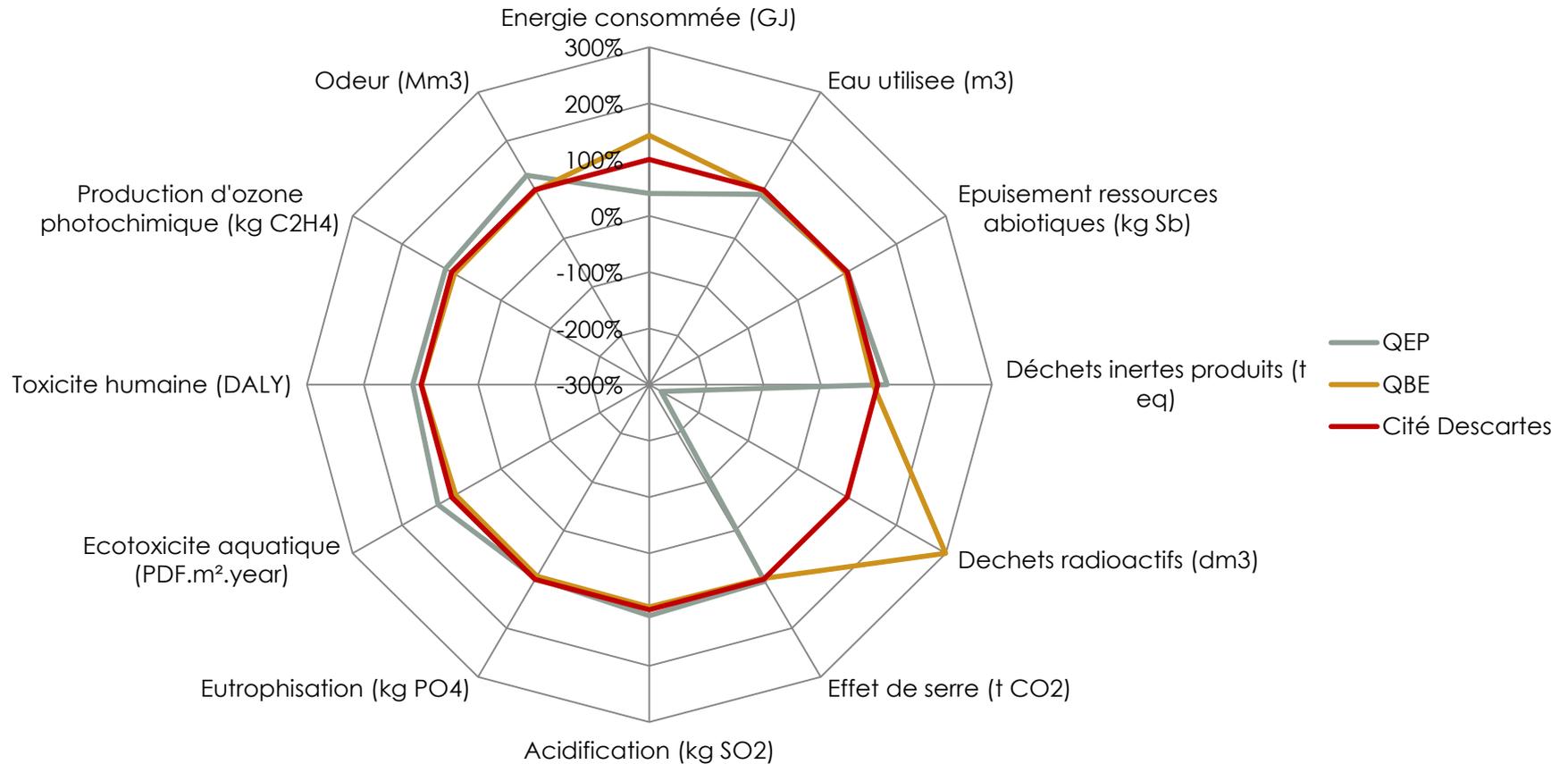


Energie positive
(Architecte : Rolf Disch)

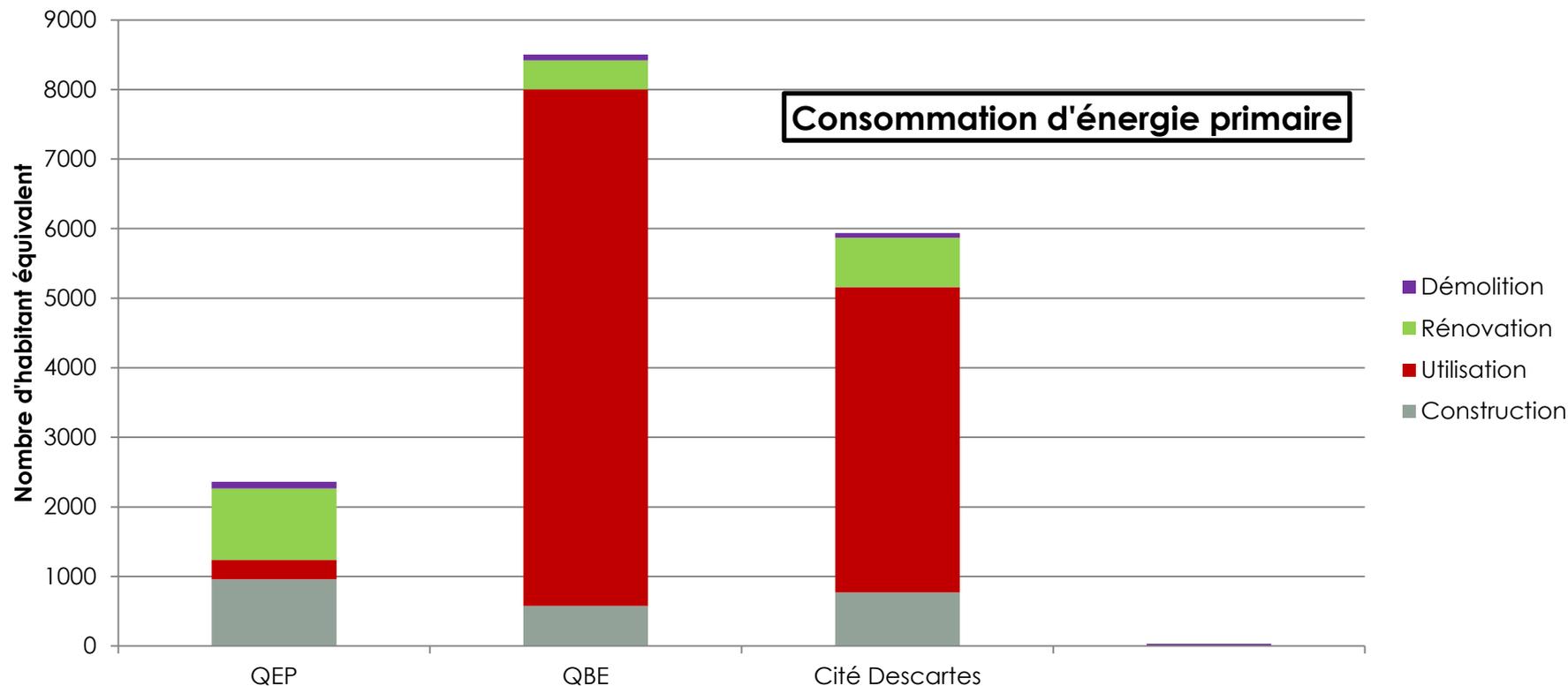


- Durée d'analyse considérée : 80 ans, 30 ans pour les fenêtres, 10 ans pour les revêtements, 25 ans pour les équipements
- Matériaux de construction -> déchets inertes sauf les métaux (recyclés), 5% surplus sur le chantier de construction
- Distance de transport : 100 km (fabrication -> site), 20 km (site -> décharge), 100 km (site -> recyclage)
- Mix de production d'électricité : 78% nucléaire, 14% hydro, 4% gaz, 4% charbon + 9% pertes du réseau
- Chauffage urbain : cogénération (rendement 61% thermique et 26% électrique), 20% gaz and 80% bois, 50% fraction solaire pour l'ECS, COP=3 en climatisation, rendement du PV 15% (onduleur : 90%)
- Consommation d'eau froide 100 l/personne/jour (40 eau chaude) en logement, 50 et 4 dans les bureaux, 20% pertes du réseau d'eau
- Déchets ménagers et transport supposés équivalents pour toutes les alternatives, non pris en compte dans un premier temps

Comparatif global des 3 quartiers sur les 12 indicateurs

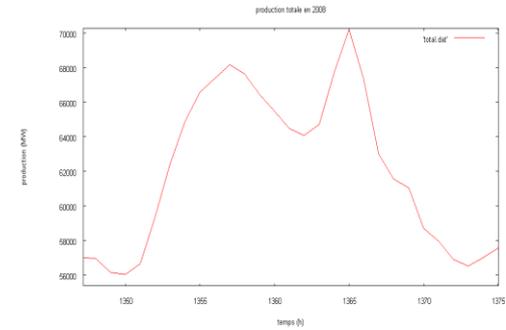
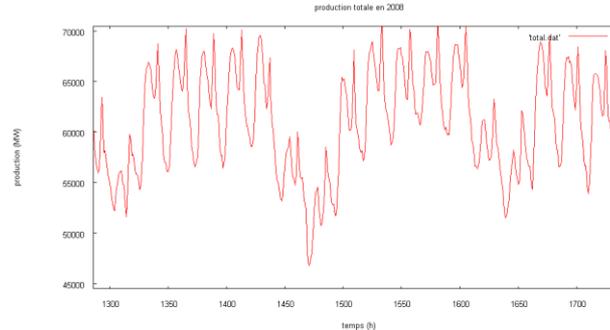
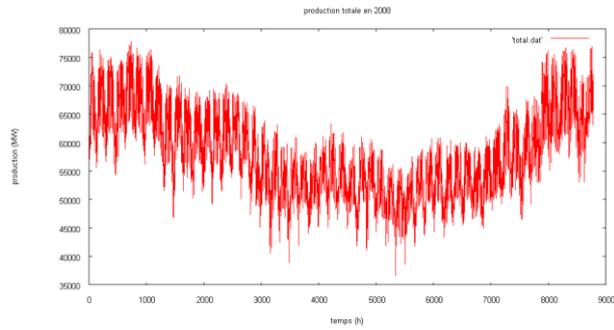


Adaptation des quartiers -> même unité fonctionnelle



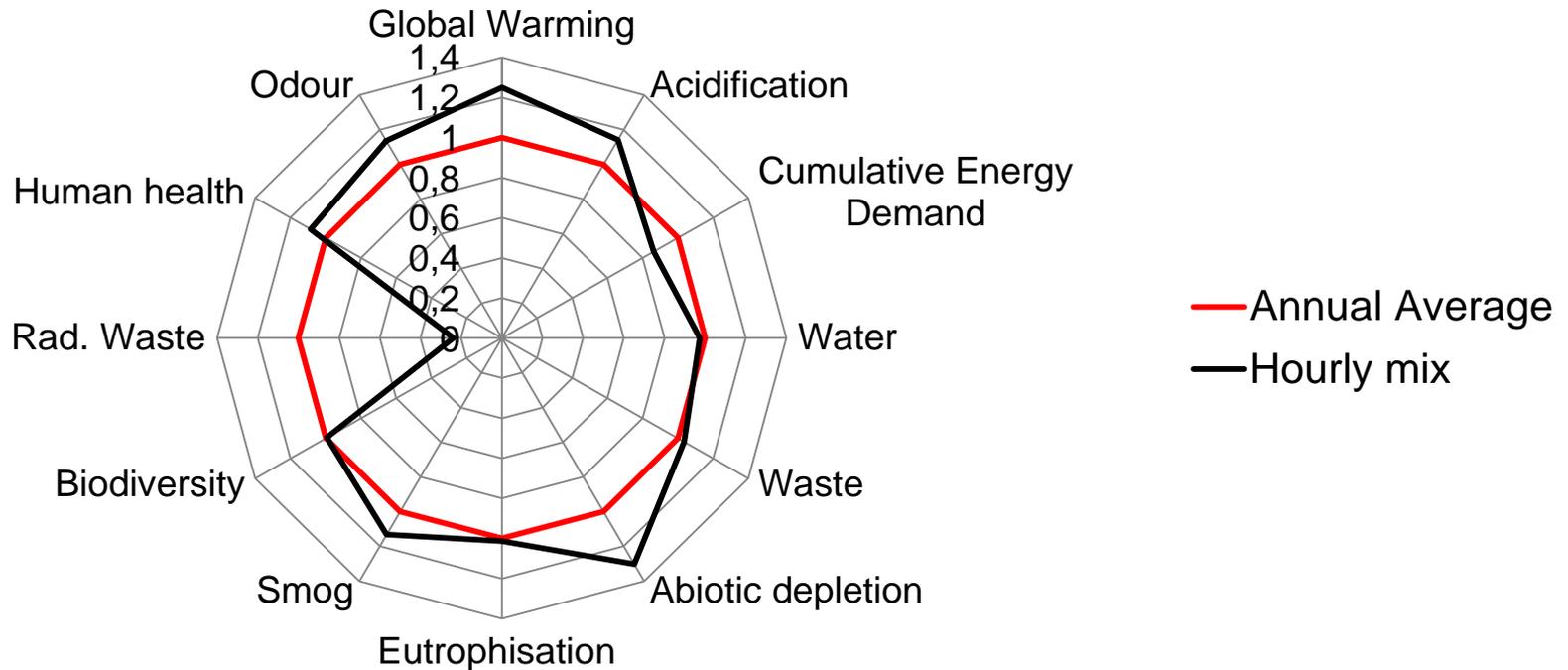
- Étape d'utilisation = 87% pour la variante passive, 74% pour la Cité Descartes, mais seulement 12% pour la variante à énergie positive
- Énergie positive : 11 kWh/m²/an (énergie « grise », éclairage des rues...), Passif : 49 kWh/m²/an, Cité Descartes: 34 kWh/m²/an

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



Importations, hypothèses sur la production

Allocation des impacts par usage : base -> ecs,
 variation saisonnière -> chauffage et climatisation,
 variation hebdomadaire -> usages professionnels (bureautique...), variation
 journalière -> usages domestiques (électro-ménager...)



- Mix annuel : sous-estimation de la production thermique et sur-estimation de la production nucléaire (chauffage et ecs par co-génération, production PV, consommation intermittente d'électricité spécifique)
- Différences maximales sur les déchets radioactifs
- 20 à 30% de différence sur le GWP (CO₂) et ADP (ressources)

- L'ACV complète la gamme d'outils existants pour l'analyse des quartiers et constitue une aide à l'éco-conception
- 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
- Au-delà des morphologies urbaines, aspects plus collectifs (déchets et transport...)
- 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.)

Merci de votre attention