

Université de la Chaire d'Éco-conception

Des ensembles bâtis et des infrastructures

7 novembre 2013

« Masterclass » Éco-conception

Analyse de cycle de vie

Écoles de ParisTech qui portent la Chaire

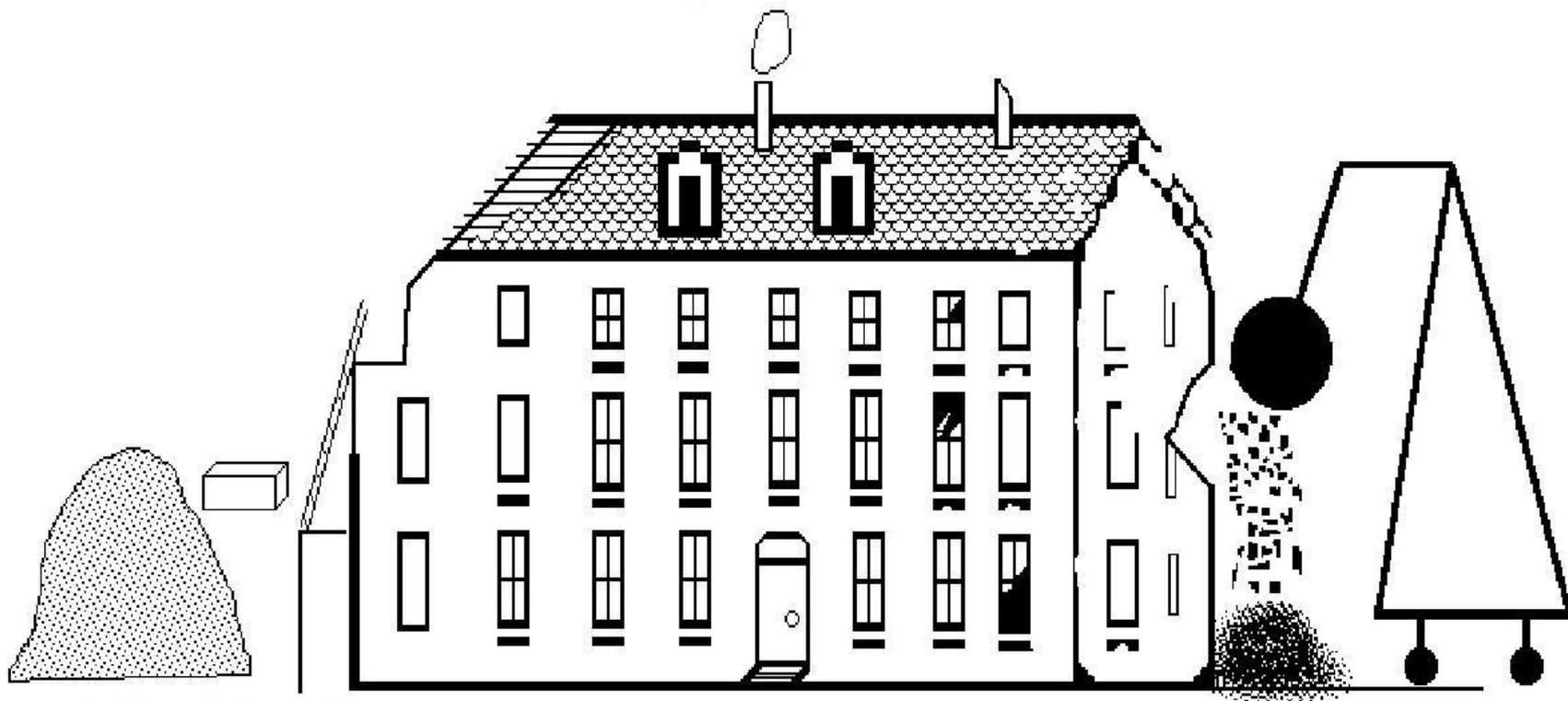


AgroParisTech



- 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

CYCLE DE VIE D'UN BÂTIMENT



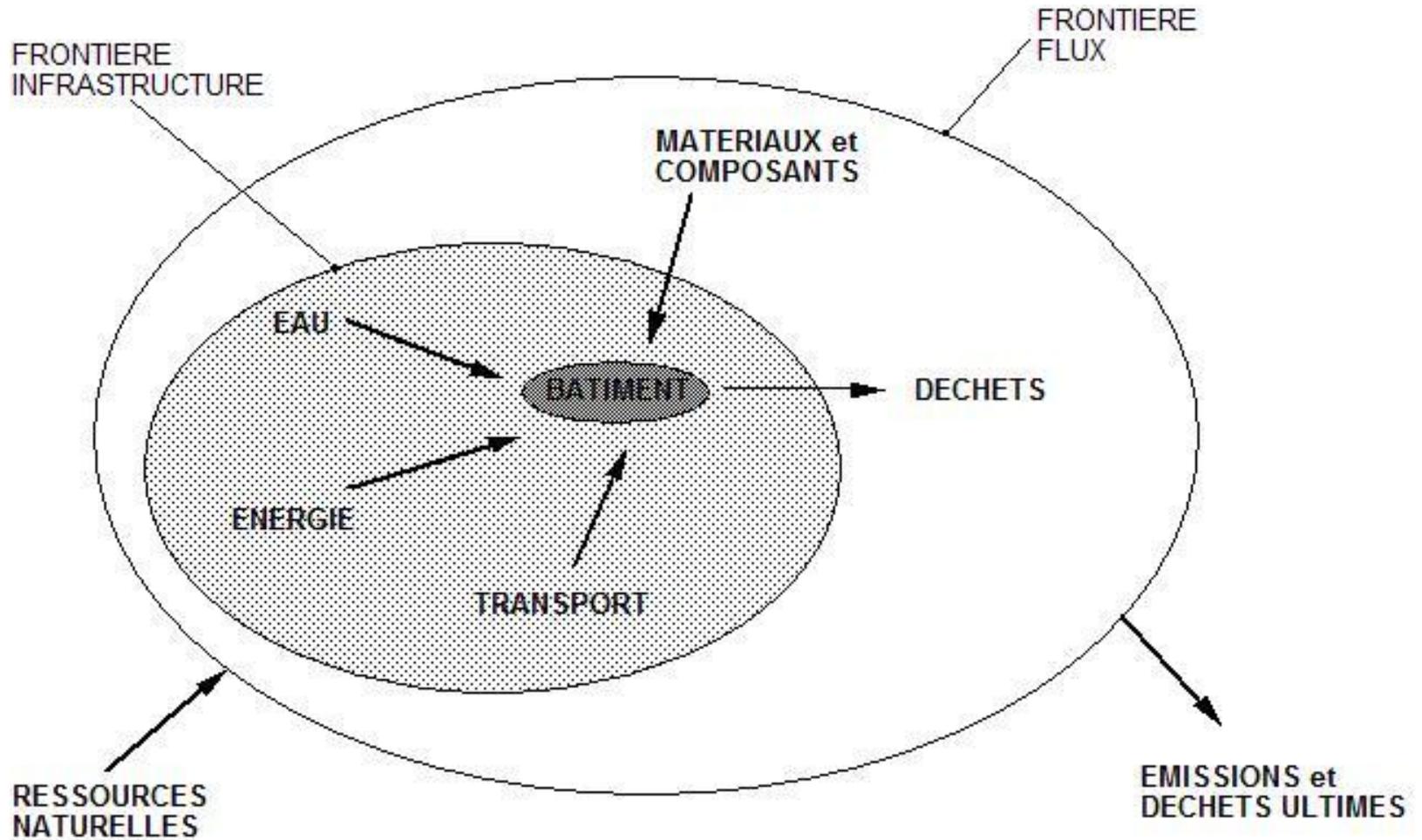
FABRICATION DES
MATERIAUX,
CHANTIER

UTILISATION
ENERGIE, EAU, DECHETS

DECONSTRUCTION,
RECYCLAGE

- Aide au choix d'un site
- 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)

- Quantité : ex. 1 m² de bâtiment
- fonction : ex. logement
- qualité de la fonction : ex. confortable, 20° C à 26° C, clair, calme, ventilé,...
- temps : ex. 1 an
- Plus complexe à définir à l'échelle d'un quartier



Simplification : négliger les composants
< 3 ou 5% en masse du produit total

- Substances émises et puisées dans l'environnement
- Matières premières, combustibles...
- Émissions dans l'air
- Émissions dans l'eau
- Émissions dans le sol, déchets

		Laine minérale	Manganèse	Minerai de Fer	Mousse dure PUR	NaCl	NaOH		
Cd Cadmium m	kg	1.26E-10	5.65E-11	1.98E-11	4.14E-10	1.11E-10	8.94E-11		
Cd Cadmium p	kg	1.96E-08	1.53E-08	1.15E-09	1.21E-08	3.61E-10	2.50E-09		
Cd Cadmium s	kg	2.08E-08	1.05E-07	3.40E-09	8.81E-07	1.03E-08	2.32E-08		
CF4 p	kg	1.70E-08	2.58E-07	1.21E-08	1.72E-07	5.31E-09	4.25E-08		
CH3Br p	kg		0	0	0	0	0	0	0
CH4 Methan m	kg	9.74E-07	2.94E-06	6.66E-06	7.12E-06	3.51E-07	6.72E-07		
CH4 Methan p	kg	0.00379	0.00929	0.000246	0.00871	0.000196	0.00153		
CH4 Methan s	kg	1.41E-05	0.000116	3.25E-06	0.000176	4.88E-06	2.03E-05		
CN Cyanide p	kg	3.60E-16	1.73E-15	1.41E-16	2.80E-08	2.88E-15	2.39E-15		
CN Cyanide s	kg	1.56E-08	1.09E-08	9.56E-10	8.79E-09	2.24E-10	1.74E-09		
Co Cobalt m	kg	6.74E-10	4.63E-09	7.27E-09	4.89E-09	1.01E-10	7.58E-10		
Co Cobalt p	kg	1.56E-09	1.83E-09	3.06E-10	1.60E-09	6.12E-11	2.73E-10		
Co Cobalt s	kg	4.03E-08	6.38E-07	6.63E-09	1.17E-06	1.24E-08	1.05E-07		
CO Kohlenmonoxid m	kg	3.03E-05	7.73E-05	0.000139	0.000146	1.86E-05	2.50E-05		
CO Kohlenmonoxid p	kg	0.0747	0.000314	7.71E-05	0.00774	7.58E-06	3.54E-05		
CO Kohlenmonoxid s	kg	0.000453	0.00141	0.000126	0.00142	5.30E-05	0.000193		
CO2 Kohlendioxid m	kg	0.0135	0.0412	0.0647	0.0699	0.0073	0.0114		
CO2 Kohlendioxid p	kg	0.975	0.0342	0.00517	0.174	0.00161	0.00518		
CO2 Kohlendioxid s	kg	0.39	5.03	0.0591	4.91	0.0854	0.809		
Cr Chrom m	kg	5.32E-10	3.65E-09	5.74E-09	3.86E-09	7.99E-11	5.98E-10		
Cr Chrom p	kg	3.88E-08	1.77E-08	3.18E-09	1.77E-08	7.04E-10	2.98E-09		
Cr Chrom s	kg	2.76E-08	4.82E-07	4.51E-09	6.65E-07	1.14E-08	8.09E-08		
Cu Kupfer m	kg	1.15E-07	3.44E-07	5.10E-07	8.11E-07	6.36E-09	5.56E-08		
Cu Kupfer p	kg	1.11E-08	3.50E-08	1.64E-09	2.55E-08	8.37E-10	5.81E-09		
Cu Kupfer s	kg	1.02E-07	1.03E-06	2.88E-08	1.82E-06	2.28E-08	1.71E-07		
Cycloalkane p	kg		0	0	0	0	0	0	0
Dichlormethan p	kg	1.27E-09	4.11E-09	5.54E-11	1.16E-07	2.68E-11	3.80E-06		
Dichlormonofluormethan p	kg	4.44E-08	3.17E-08	6.46E-09	3.07E-07	3.65E-08	5.43E-06		

- VRD - Assainissement - Aménagements Extérieurs
- Structure - Maçonnerie - Façades
- Couverture - Toitures-terrasses - Etanchéité
- Menuiseries extérieures
- Doublages - Cloisons - Plafonds - Isolants
- Revêtements de sol, Revêtements muraux et décoration
- Chauffage- Rafraîchissement - ECS - Régulation - Fumisterie
- Mais : simplification des inventaires, exemple : dioxines
- Pas de procédé (chauffage, etc.), fin de vie = déchets
- Pas de calcul matriciel (interactions entre secteurs)
- Un calcul global est nécessaire pour choisir un matériau



- ▶ *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)*



- Potentiel d'acidification (eq. SO_2)
- Effet potentiel (concentration de fond)
- Sources : chaufferies (fuel, charbon), procédés



- Potentiel d'eutrophisation (eq. PO_4^{3-})
- Phénomène naturel et dystrophisation
- Sources : eaux usées



- ozone et altitude
- atteinte à la couche d'ozone (eq. CFC-11)
- Sources : climatisation
- smog d'été (formation d'ozone), eq. C_2H_4
- Sources : véhicules, chaufferies, procédés

- European Uniform System for the Evaluation of Substances, RIVM (Institut National de Santé Publique et d'Environnement, Pays Bas), cf. <http://ecb.jrc.it/>
- Émissions, compartiments écologiques (air, eau douce, eau de mer, sédiments, sol nat. agri. et ind.), transport (vent, diffusion air/eau, absorption, sédimentation, érosion, déposition, écoulements...), (bio)dégradation (photochimie, hydrolyse...) -> concentration, transferts (eau potable, nourriture : bioaccumulation) -> dose -> effet (risques), interactions entre substances non prises en compte
- 100 000 substances commercialisées, quelques milliers (inventaires), 250 (modèle européen EUSES)
- Modèles orientés effets : DALY (Disability adjusted Life loss years), PDF x m² x an (percentage disappeared fraction of species)

- Energie primaire

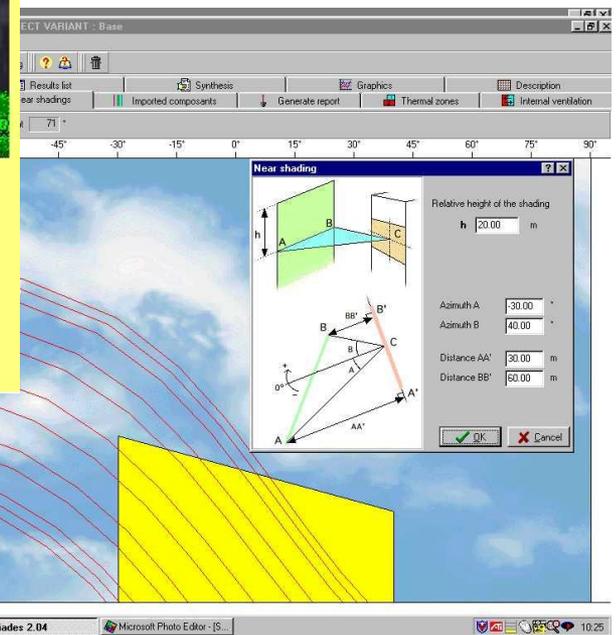
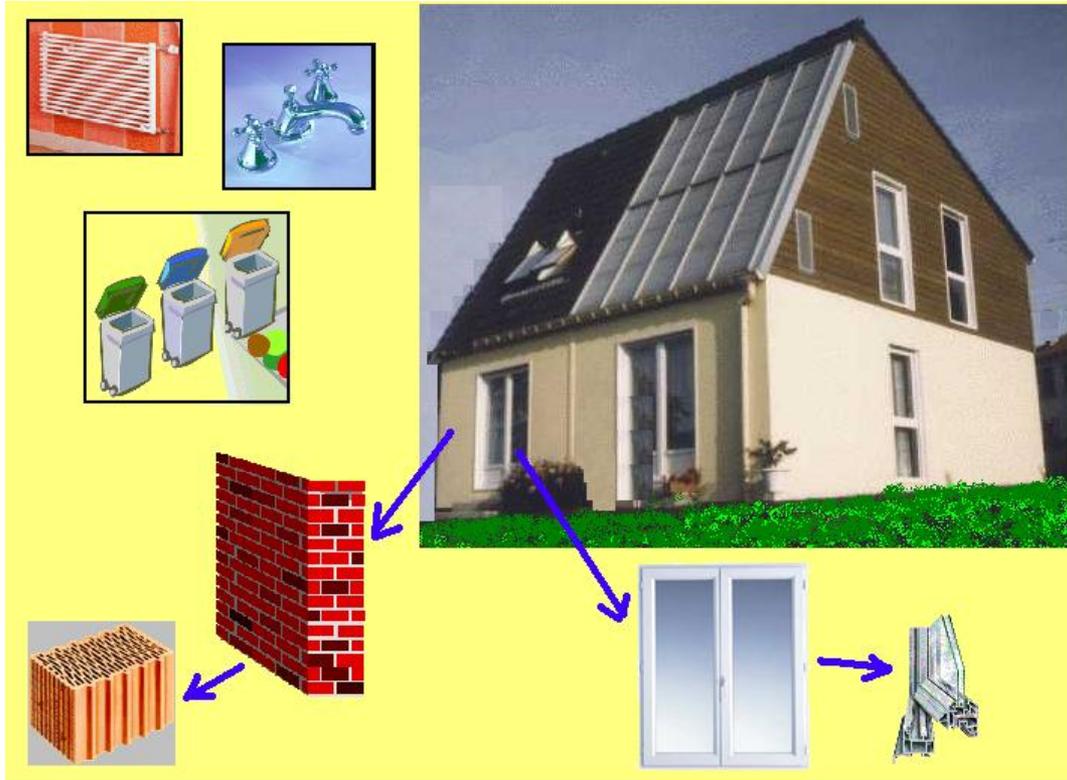
- Epuisement des ressources :

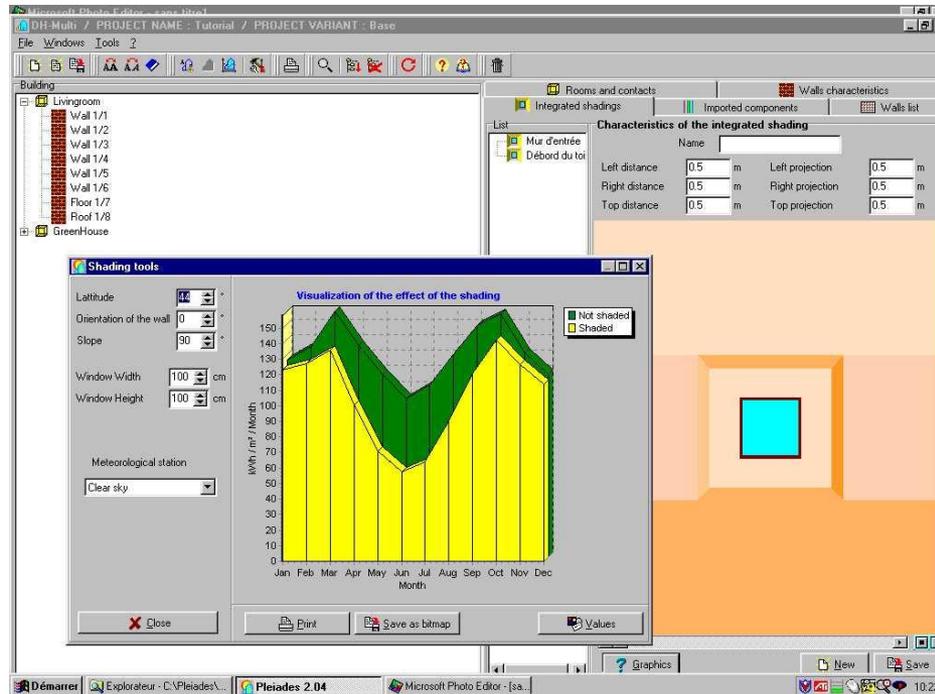
ΣM_i / réserves récupérables i , éventuellement prise en compte de la vitesse d'épuisement

- consommation d'eau : m^3
- déchets produits : tonnes, différents types
- déchets radioactifs





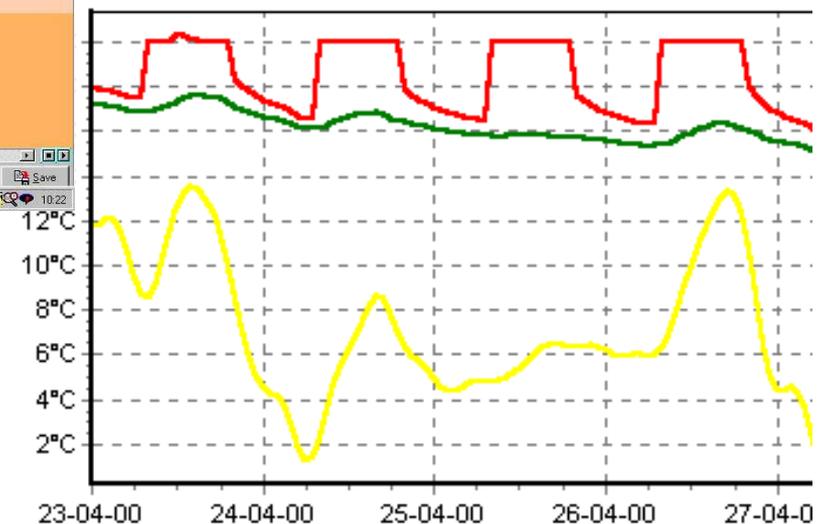


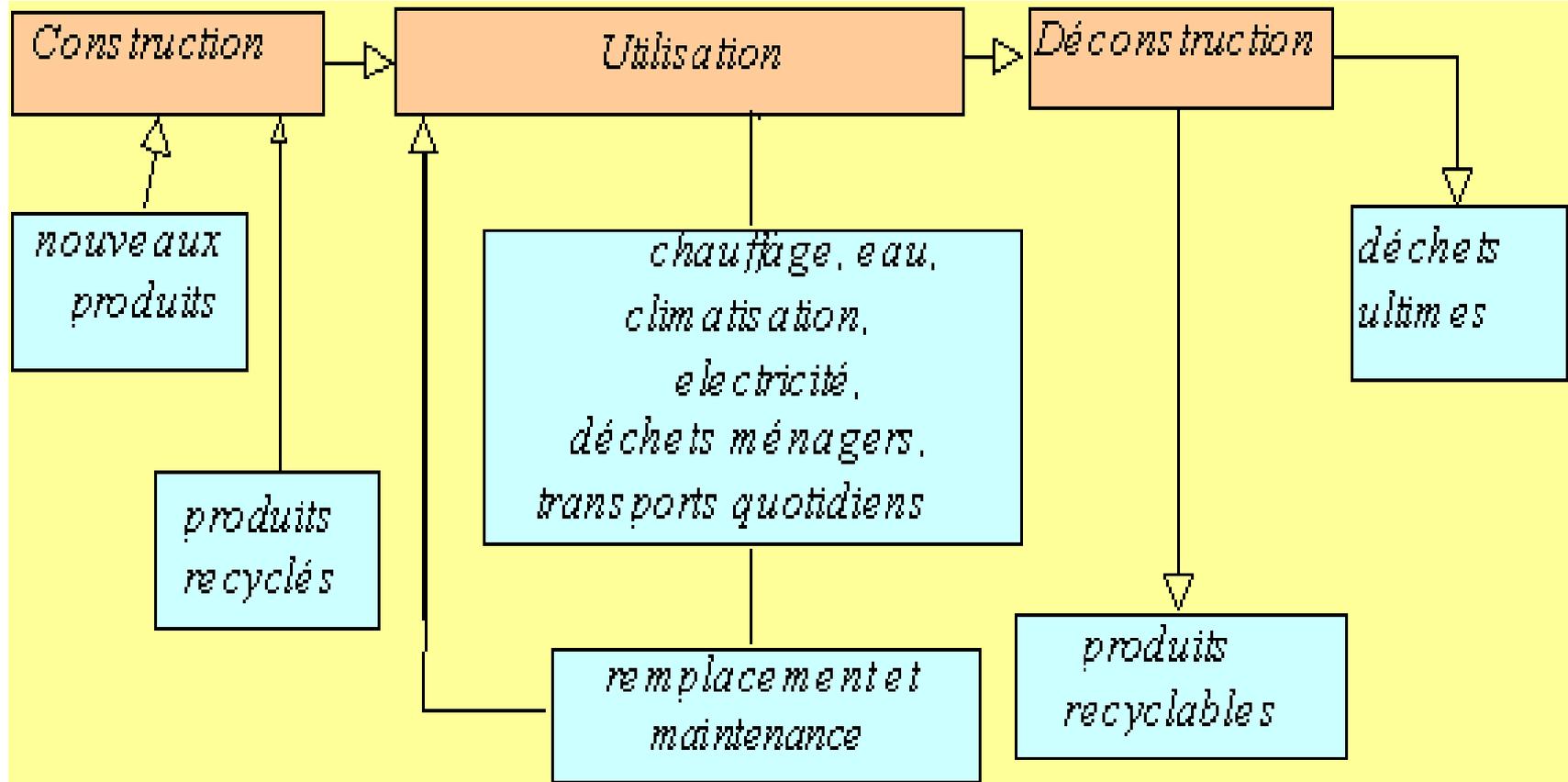


Besoins de chauffage
et de climatisation

ole Vabre / réhabilitation + / Classes
ole Vabre / réhabilitation + / Couloir
ole Vabre / réhabilitation + / Extérieur

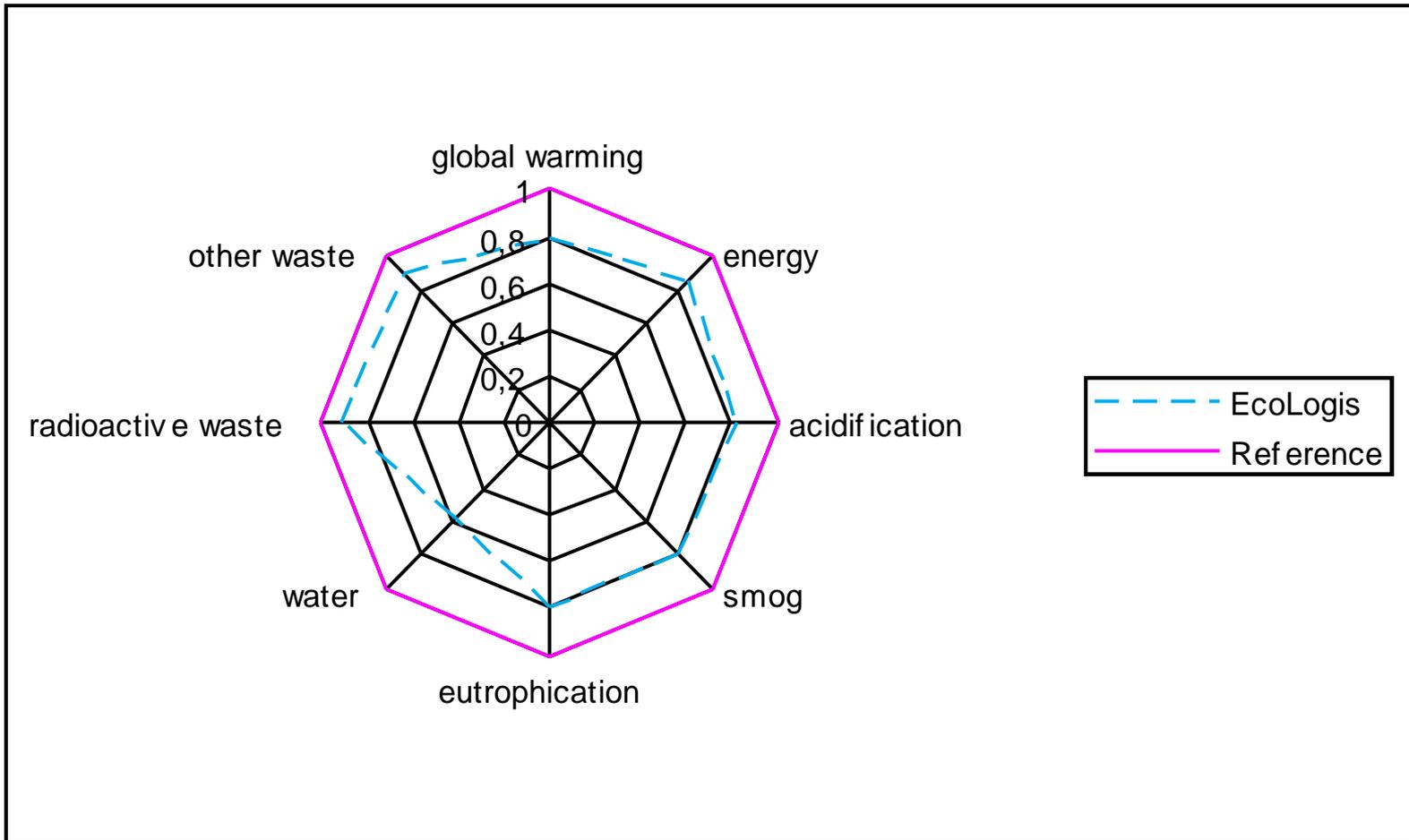
Profils de
température

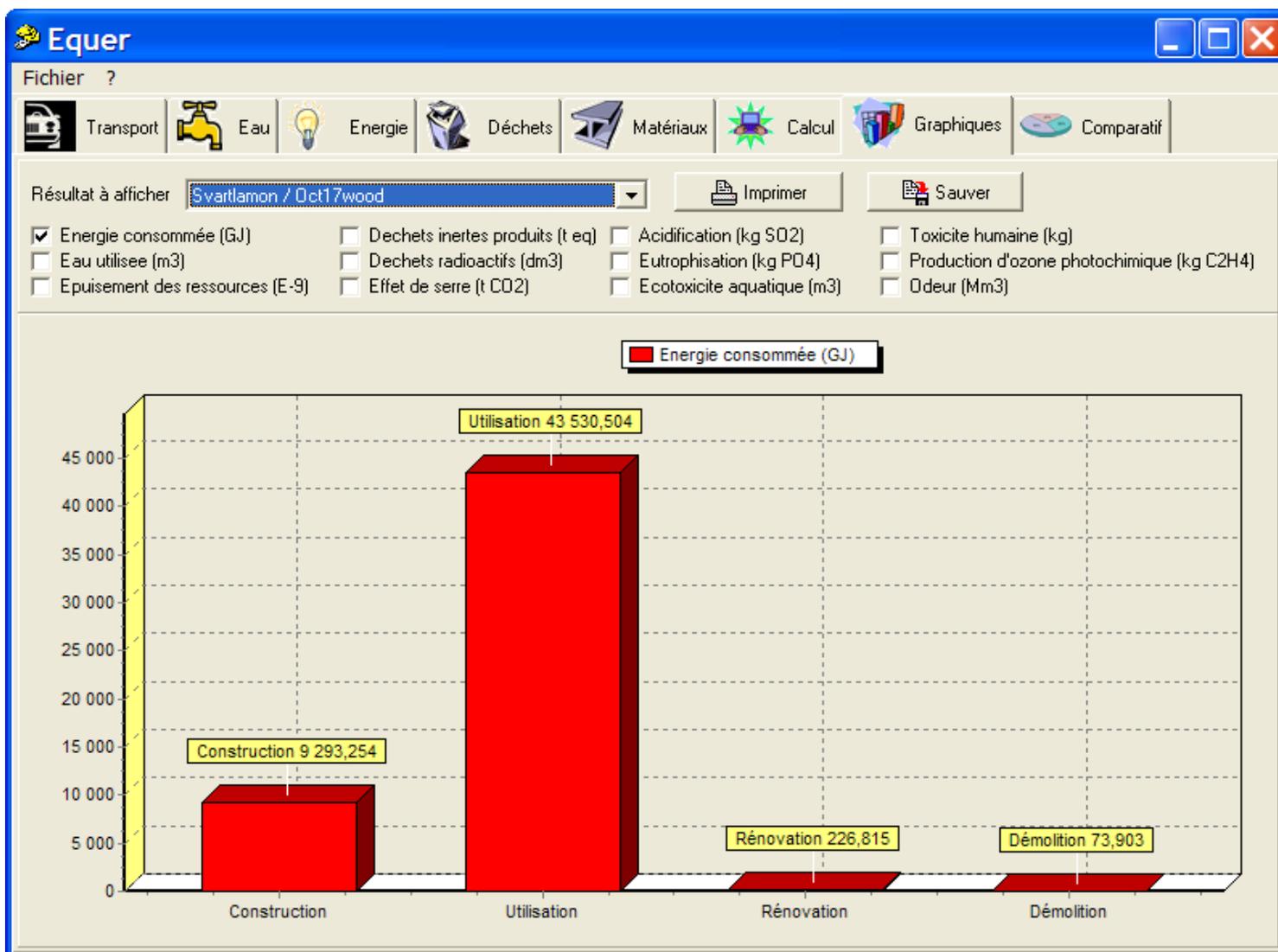




Calcul par pas de temps d'un an

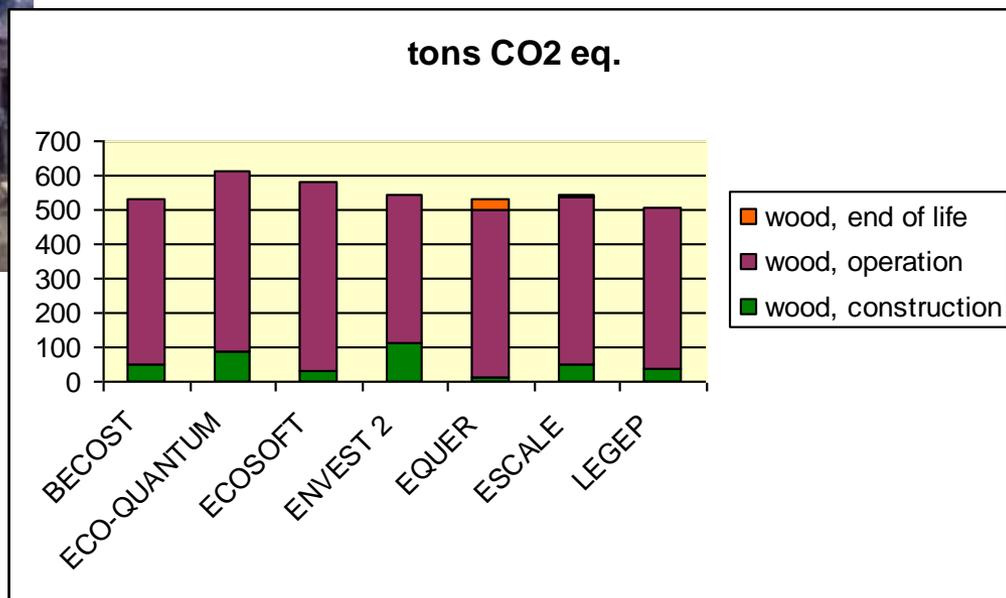
Comparaison avec une référence





- 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

- 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,

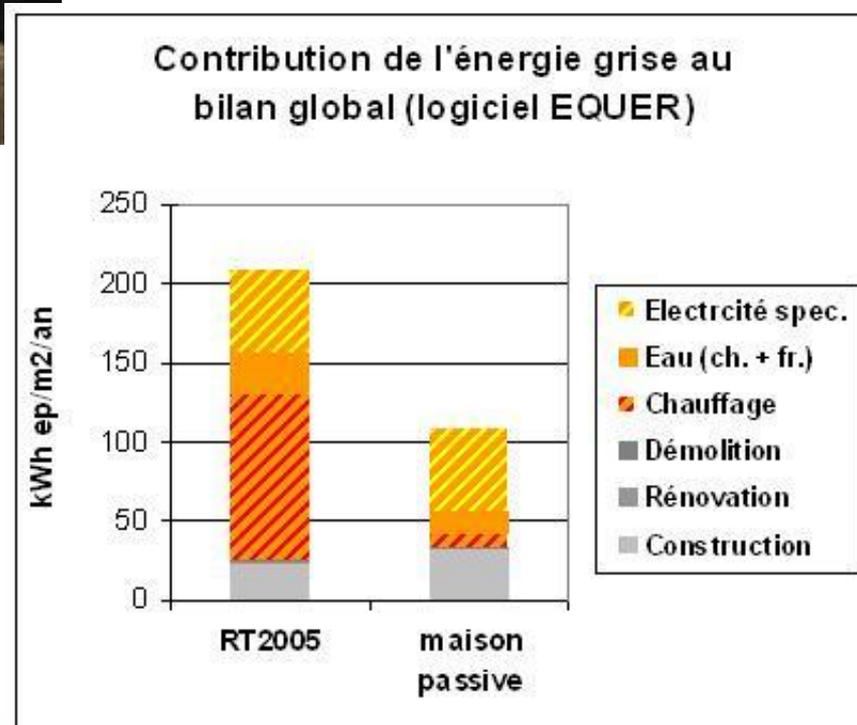
Chauffage gaz, 80 ans

Écart +/- 10% sur le cycle de vie

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

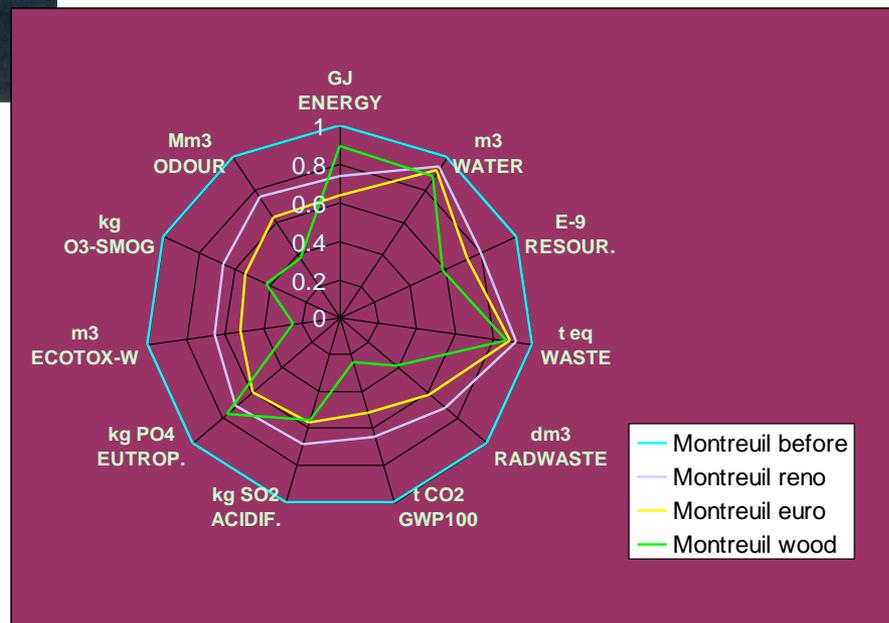


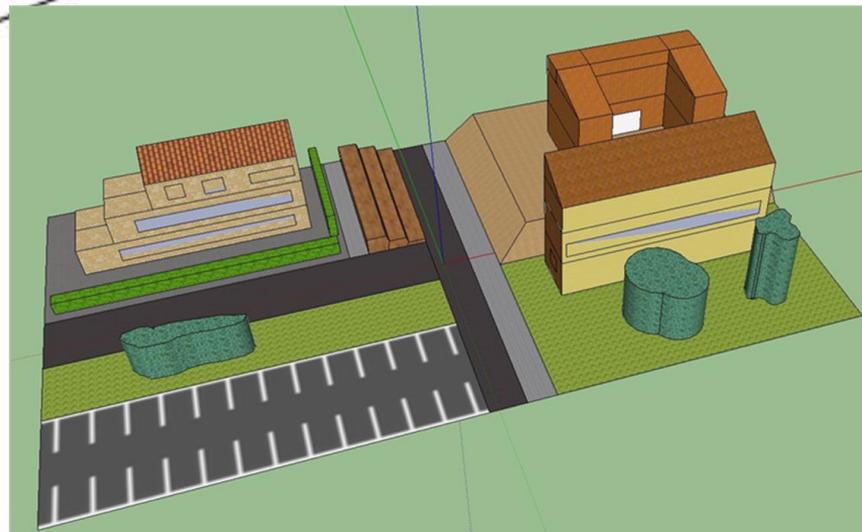
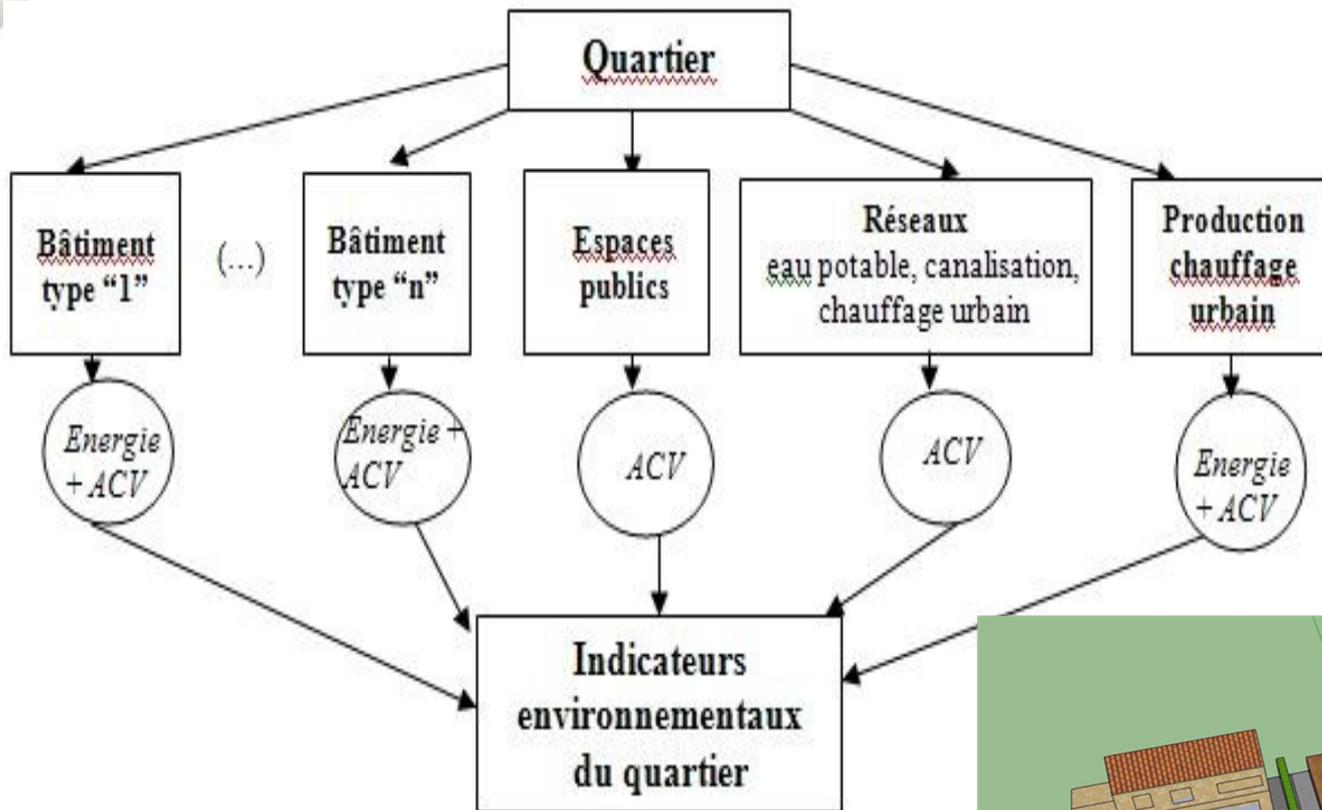
2 maisons passives, Oise, 2 x 135 m²
Entreprise : Les Airelles
EN ACT architecture





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

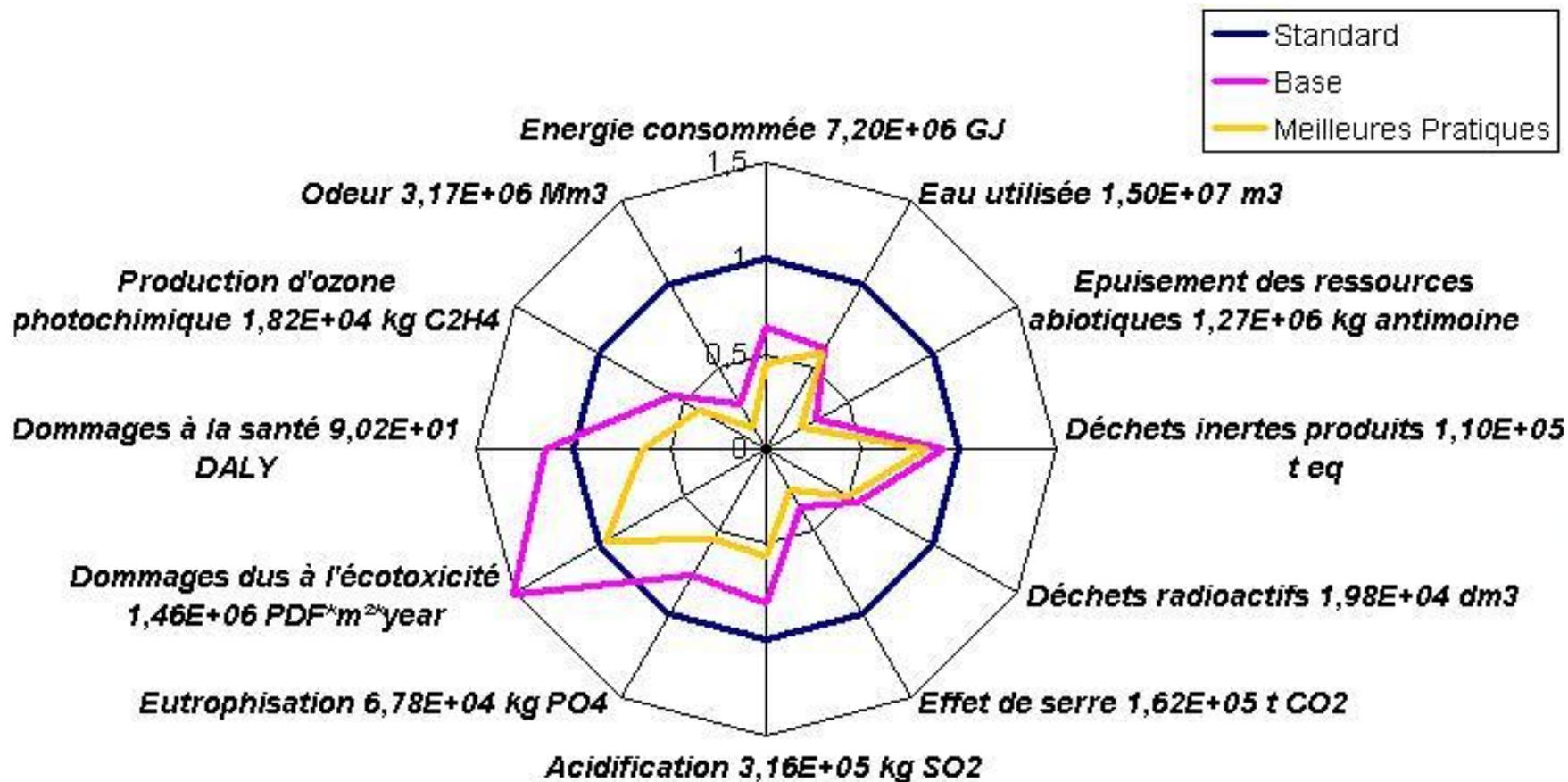






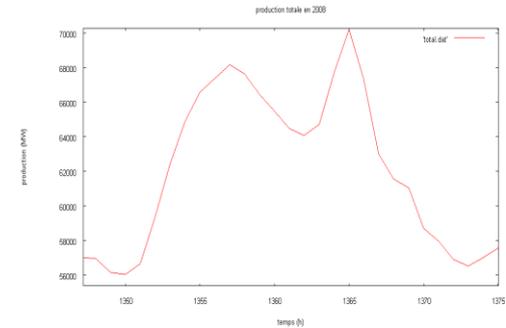
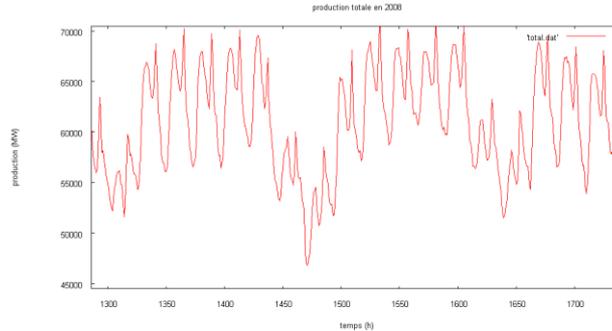
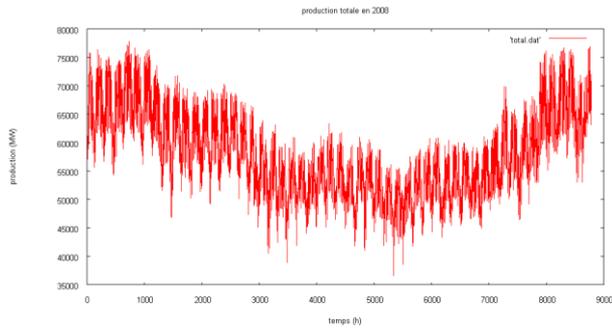
Îlots A, B et C, environ 60 000 m² de logements et 15 000 m² de bureaux, 70 000 m² d'espaces verts, rues, quais...

Quelle est la performance environnementale de ce projet, pourrait-on l'améliorer ?



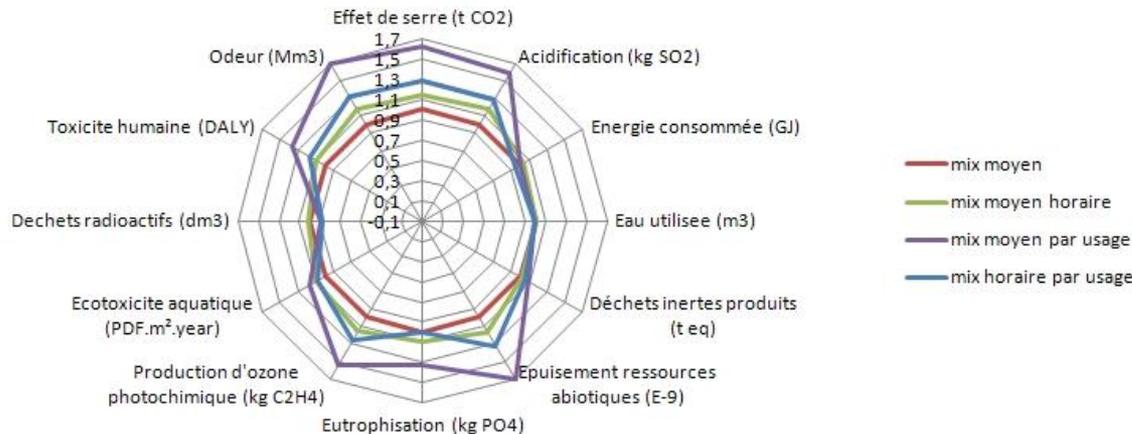
Base : impacts environnementaux réduits sauf éco-toxicité et toxicité humaine (chaudière bois)
Meilleures pratiques, réduction de tous les impacts

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...)



- L'ACV complète la gamme d'outils existants pour l'analyse des quartiers et constitue une aide à l'éco-conception
- Pas de « HQE » sans performance énergétique, intérêt des ENR
- Matériaux deviennent importants, évaluation par bilan sur le cycle de vie
- Quelques outils, incertitudes, données françaises encore imprécises
- Santé : encore plus de lacunes
- Intégrer des niveaux de performance dans les programmes, ex. Lyon Confluence (CO₂ et rad.)

Training for Renovated Energy Efficient Social housing (TREES)



Intelligent Energy  Europe

<http://diren.mines-paristech.fr/Sites/TREES/index.html>

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)

