

# Énergie grise

**Maison de l'Habitat**  
**Vendredi 10 juin 2011**

**Cédric BESAIRIE**  
**CETE de Lyon**



Crédit photo : Arnaud Bouissou/MEDDTL



Ministère  
de l'Écologie,  
du Développement  
durable,  
des Transports  
et du Logement

Ressources, territoires, habitats et logement  
Énergies et climat Développement durable  
Prévention des risques Infrastructures, transports et mer

Présent  
pour  
l'avenir

Ministère de l'Écologie, du Développement durable,  
des Transports et du Logement

[www.developpement-durable.gouv.fr](http://www.developpement-durable.gouv.fr)

# Sommaire

## Introduction

## Définitions

- Énergie primaire
- Énergie grise
- Analyse de cycle de vie
- Énergie primaire matière, procédé, renouvelable ou non

Les bases de données disponibles (*INIES, ECOINVENT, KBOB / eco-bau*)

Les logiciels d'ACV appliqués aux bâtiments

Exemples d'études

- Logements collectifs à Beaumont
- Maisons individuelles à Aurillac

Conclusion



# Introduction

Le bâtiment = un facteur clé du développement durable :

- 1er consommateur d'énergie : 43 % de la consommation totale d'énergie
- 2nd émetteur de CO<sub>2</sub> : 23 % des émissions de CO2

Les consommations énergétiques d'exploitation ne sont pas les seuls impacts environnementaux d'un projet de bâtiment. Il est également intéressant de se pencher sur les autres impacts environnementaux liés à la construction :

- L'énergie grise
- Les consommations d'eau
- Les consommations de ressources naturelles non renouvelables
- Les rejets atmosphériques
- Les déchets

# Sommaire

Introduction

## Définitions

- Énergie primaire
- Énergie grise
- Analyse de cycle de vie
- Énergie primaire matière, procédé, renouvelable ou non

Les bases de données disponibles (*INIES, ECOINVENT, KBOB / eco-bau*)

Les logiciels d'ACV appliqués aux bâtiments

Exemples d'études

- Logements collectifs à Beaumont
- Maisons individuelles à Aurillac

Conclusion

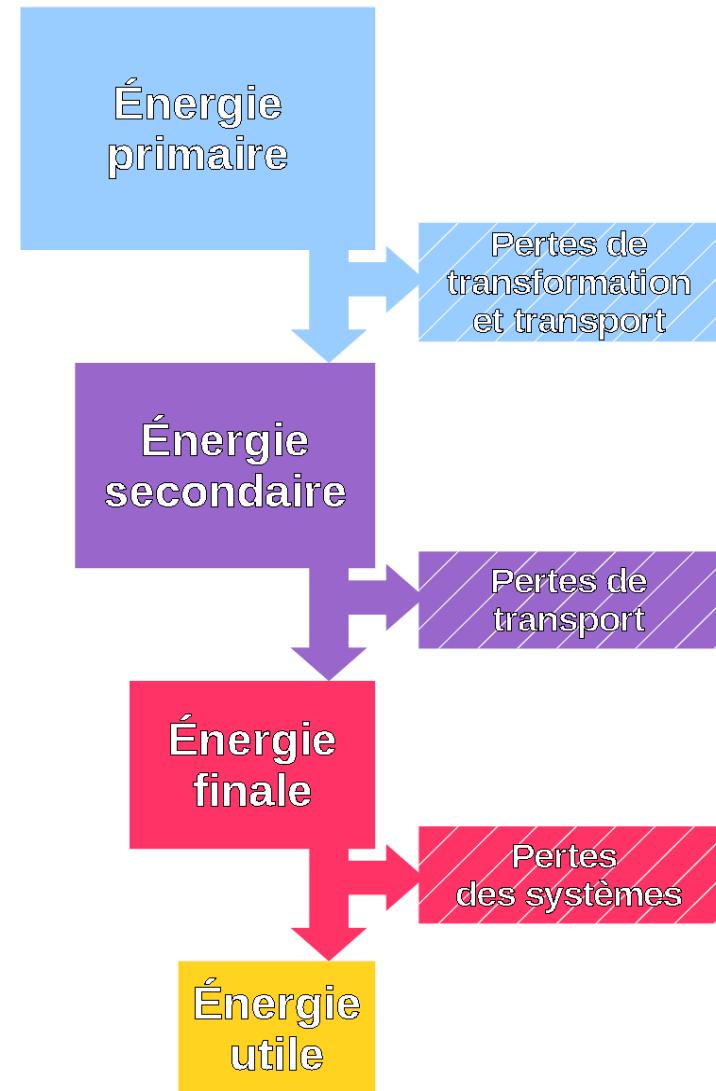


# Énergie primaire

L'énergie primaire totale =

$\Sigma$  des sources d'énergie puisées dans les réserves naturelles (gaz naturel, pétrole, charbon, minerai d'uranium, biomasse, l'énergie hydraulique, soleil, vent, géothermie).

L'énergie primaire totale est définie par la norme française NF P01-010 définissant le contenu et le mode de réalisation de la Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire dans le cadre des produits de construction.



# Énergie grise

L'énergie grise d'un bâtiment comprend les consommations d'énergie mise en jeu en dehors des consommations d'usages habituelles (telles que chauffage, eau chaude, etc ... )

L'**énergie grise** correspond donc à l'énergie qui est mobilisée lors de la **construction**, l'**entretien** et la **fin de vie** du bâtiment. Elle est fonction de la durée de vie typique (DVT) de l'élément en question et de l'analyse du cycle de vie (ACV)

=> la durée de vie typique est définie comme la possibilité d'assurer une fonction de l'élément pendant une durée donnée.

# Énergie grise

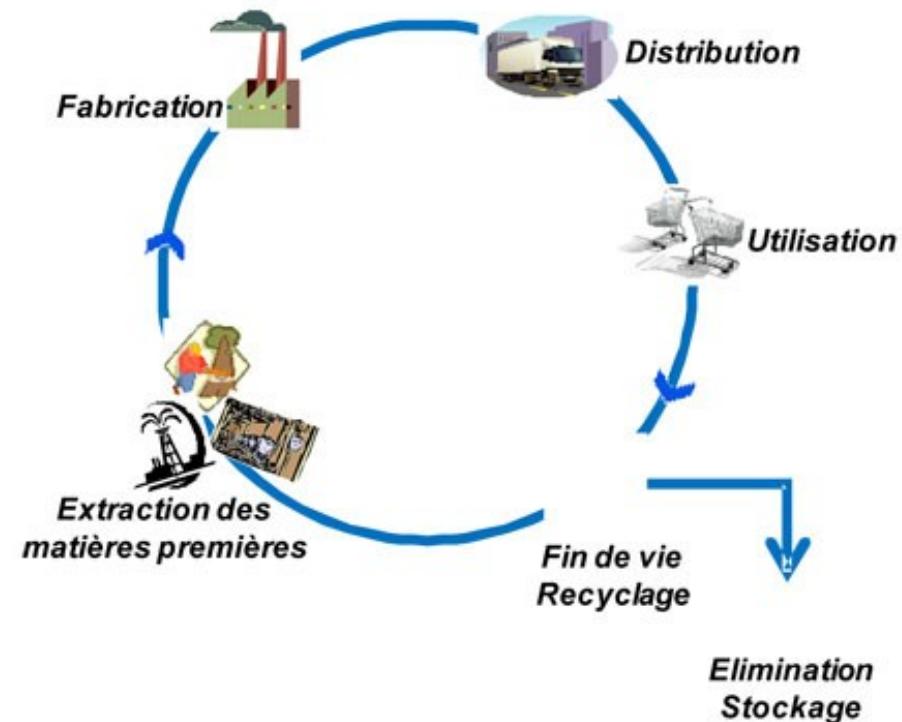
L'énergie grise se divise en 4 types d'énergies :

- Énergie primaire renouvelable / non renouvelable
- Énergie primaire matière / procédé

Type d'énergie primaire	renouvelable	non renouvelable	Total	+ si non réutilisation
matière	énergie primaire matière renouvelable	énergie primaire matière non renouvelable	énergie primaire matière totale	
procédé	énergie primaire procédé renouvelable	énergie primaire procédé non renouvelable	énergie primaire procédé totale	
Total	énergie primaire renouvelable totale	énergie primaire non renouvelable totale	énergie primaire totale	Énergie grise

# Analyse de cycle de vie

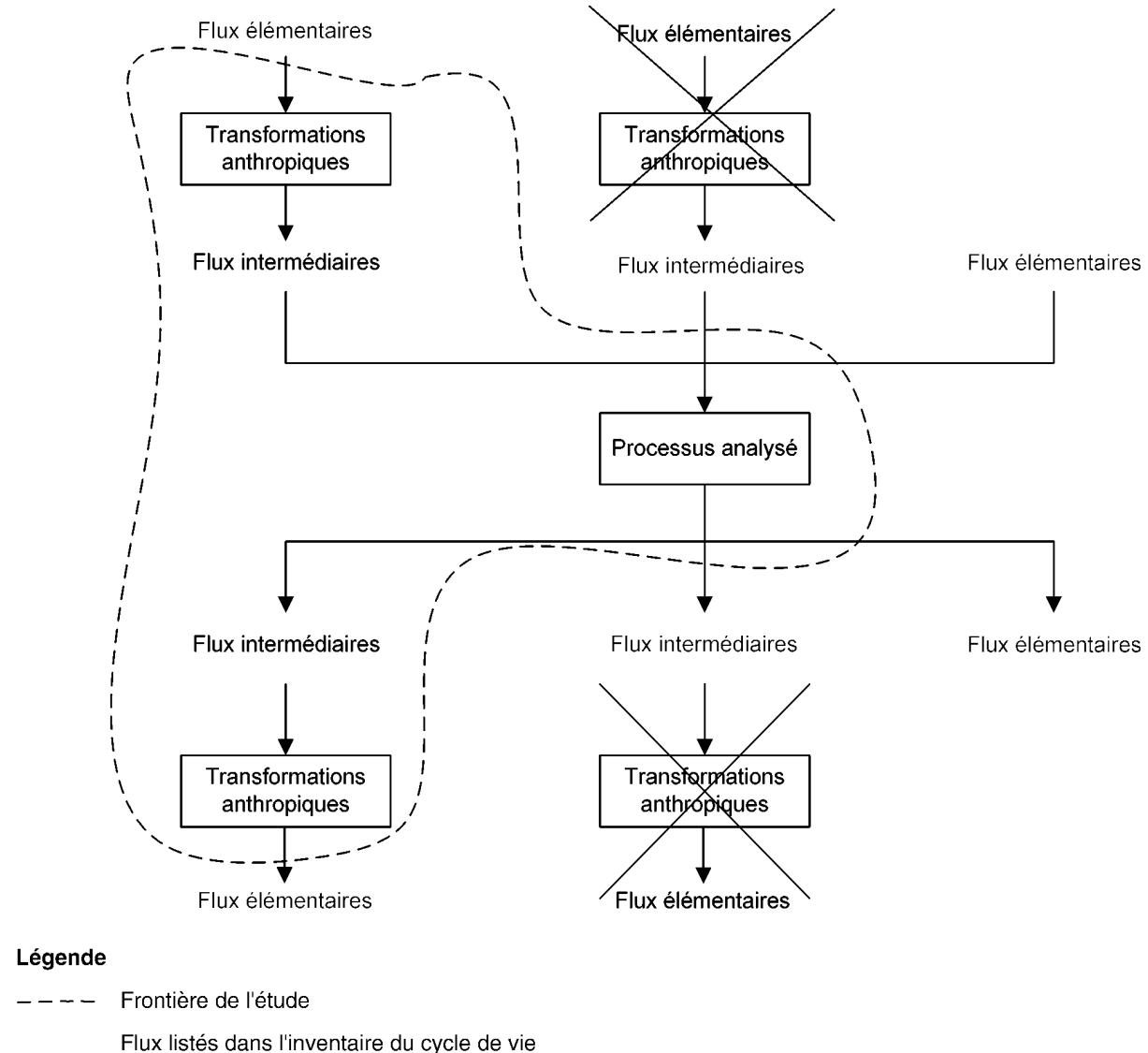
L'analyse de cycle de vie (ACV) consiste en la compilation et l'évaluation des entrants et des sortants, ainsi que des impacts environnementaux d'un système de produits au cours de son cycle de vie. Ces ACV sont réalisés à partir de la norme ISO 14040.



# Analyse de cycle de vie

L'ACV d'un produit  
=  $\Sigma$  des ACV  
rentrants (si  
disponibles)  
+énergie processus

Dérogation si  $\Sigma$  de  
la masse des  
rentrants < à 2% de  
la masse totale du  
produit.



# Énergie matière, procédé, renouvelable ou non

**Énergie « matière »** : cette énergie prend en compte l'énergie stockée (et donc non utilisée) dans les matériaux et théoriquement récupérable en fin de vie.

**Énergie « procédé »** : cette énergie prend en compte l'énergie mobilisée dans les opérations de transformation, de fonctionnement, d'élimination et de transport du matériau ou du système.

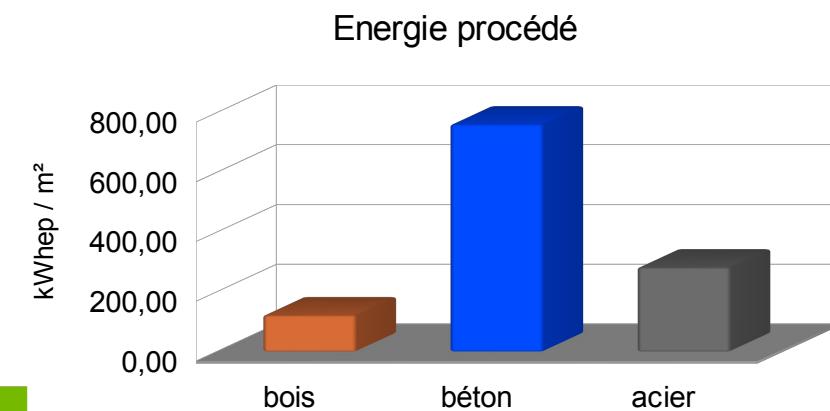
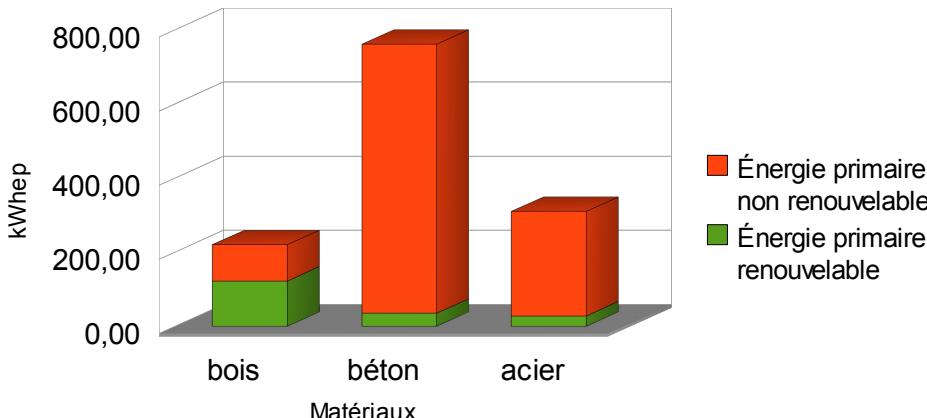
**Énergie « renouvelable »** : cette énergie prend uniquement en compte la part d'énergie primaire émanant de sources renouvelables. Ces ressources renouvelables sont des ressources dont la vitesse de renouvellement dépasse la vitesse d'épuisement de cette ressource.

**Énergie « non renouvelable »** : cette énergie prend uniquement en compte la part d'énergie primaire émanant de sources non renouvelables. Ces ressources sont fixes en quantité au niveau terrestre.

# Énergie matière, procédé, renouvelable ou non

Exemple : poutre de 5 m sur deux appuis avec charge permanente de 100kg / ml et une durée de vie de 100 ans (base FDES source INIES)

	Bois LC	Béton armé	Acier
Volume (m <sup>3</sup> )	0,088	0,080	0,007
Poids (kg)	44	200	52
Énergie primaire totale (kWh <sub>EP</sub> )	220	761	310
Énergie renouvelable (kWh <sub>EP</sub> )	122	35	28
Énergie non renouvelable (kWh <sub>EP</sub> )	98	726	282
Énergie primaire procédé (kWh <sub>EP</sub> )	122	761	282
Énergie primaire matière (kWh <sub>EP</sub> )	98	0	0



# Sommaire

Introduction

Définitions

- Énergie primaire
- Énergie grise
- Analyse de cycle de vie
- Énergie primaire matière, procédé, renouvelable ou non

**Les bases de données disponibles (INIES, ECOINVENT, KBOB / eco-bau)**

Les logiciels d'ACV appliqués aux bâtiments

Exemples d'études

- Logements collectifs à Beaumont
- Maisons individuelles à Aurillac

Conclusion



# Les bases de données disponibles

- **ECOINVENT**

- Base de données Suisse
- Base de données environnementales sur les matériaux et systèmes pour le bâtiment fournies par des fabricants
- 1ère base de données mondiales d'Inventaire de Cycles de Vie, dit ICV. En totalise environ 4 000.
- Norme ISO 14040 relative aux réalisation d'ACV
- Leader international dans le domaine des données d'écobilan avec plus de 2500 usagers dans plus de 40 pays

# Les bases de données disponibles

- **INIES**
  - Base de données française regroupant les Fiches de Déclaration Environnementale et Sanitaire des produits de construction dites FDES, régies par la Norme NF P01-010
  - 612 FDES
  - Les FDES sont fournies par des fabricants ou des syndicats professionnels
  - Un conseil de surveillance présidé par la Direction de l'Habitat de l'Urbanisme et des Paysages (DHUP) veille à la pertinence des informations présentées dans la base INIES.
  - Au 1er septembre 2010, sur les 464 FDES, seulement 129 ont fait l'objet d'une vérification, soit à peine 30%.

En savoir plus : [www.inies.fr](http://www.inies.fr)

# Les bases de données disponibles

- **INIES**

Consommation de ressources énergétiques	Énergie primaire totale	MJ
	Énergie renouvelable	MJ
	Énergie non renouvelable	MJ
	Énergie procédé	MJ
Épuisement des ressources		Kg équivalent Antimoine
Consommation d'eau totale		L
Déchets solides valorisés total		kg
Déchets solides éliminés	Déchets dangereux	kg
	Déchets non dangereux	kg
	Déchets inertes	kg
	Déchets radioactifs	kg
Changement climatique		Kg équivalent CO2
Acidification atmosphérique		Kg équivalent SO2
Pollution de l'air		m3
Pollution de l'eau		m3
Destruction de la couche d'ozone stratosphérique		kg équivalent CFC
Formation d'ozone photochimique		kg équivalent éthylène

# Les bases de données disponibles

- **KBOB / eco-bau**

- Base de données Allemande
- les données des éco-bilans se fondent sur les flux de matière et d'énergie propres à la branche (ecoinvent)
- énergie primaire décomposée en énergie primaire totale et renouvelable, les émissions de gaz à effet de serre
- 130 fiches matériaux, 32 types de chauffages, 70 types de production d'énergie, 47 fiches transports

# Sommaire

Introduction

Définitions

- Énergie primaire
- Énergie grise
- Analyse de cycle de vie
- Énergie primaire matière, procédé, renouvelable ou non

Les bases de données disponibles (*INIES, ECOINVENT, KBOB / eco-bau*)

**Les logiciels d'ACV appliqués aux bâtiments**

Exemples d'études

- Logements collectifs à Beaumont
- Maisons individuelles à Aurillac

Conclusion



# Les logiciels d'ACV appliqués aux bâtiments

## EQUER

- Logiciel réalisé à partir de travaux l'École des Mines de Paris et de l'INERIS (Institut d'Évaluation des Risques Industriels) ainsi qu'en collaboration avec des professionnels
- Utilisation de la base de données ECOINVENT
- Couplé à un logiciel de Simulation Thermique Dynamique (STD) Pléiades+COMFIE
- Logiciels édités par IZUBA Energies

# Les logiciels d'ACV appliqués aux bâtiments

## EQUER

### Entrées du logiciel

- **Module transport** : type du site choisi, distances domicile-travail, domicile-transport en commun et domicile-commerce, le pourcentage d'occupants effectuant le trajet journalier et le mode de transport en commun utilisé
- **Module eau** : équipements utilisé avec rendement du réseau d'eau, consommations d'eau chaude et d'eau froide
- **Module énergie** : type d'énergie (gaz, fuel, électricité, bois) pour le chauffage et l'eau chaude sanitaires
- **Module déchets** : type de collecte, production de déchets, distance vers lieu de recyclage, valorisation ou élimination
- **Module matériaux de construction** : correspondance avec STD

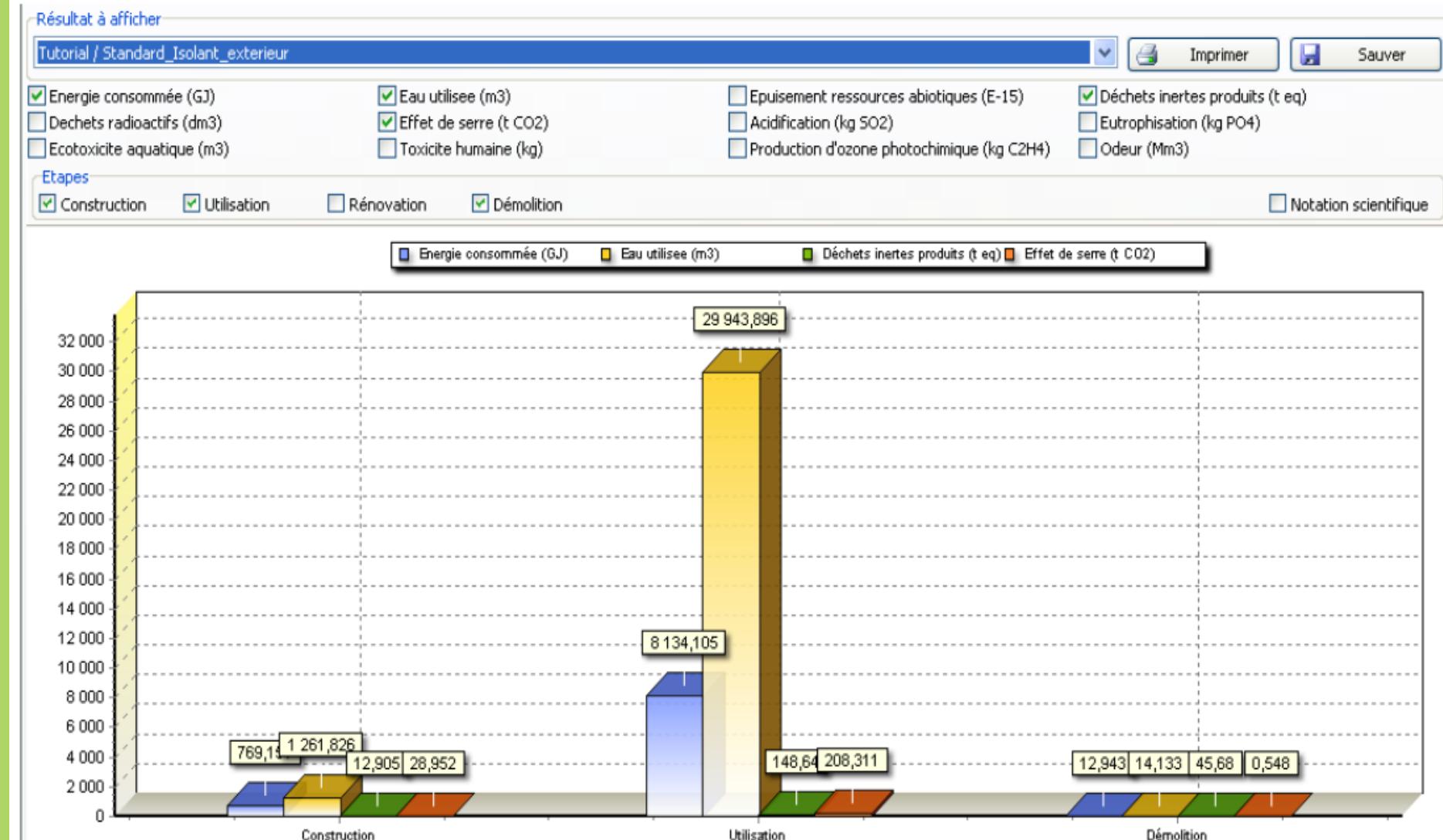
# Les logiciels d'ACV appliqués aux bâtiments

## EQUER

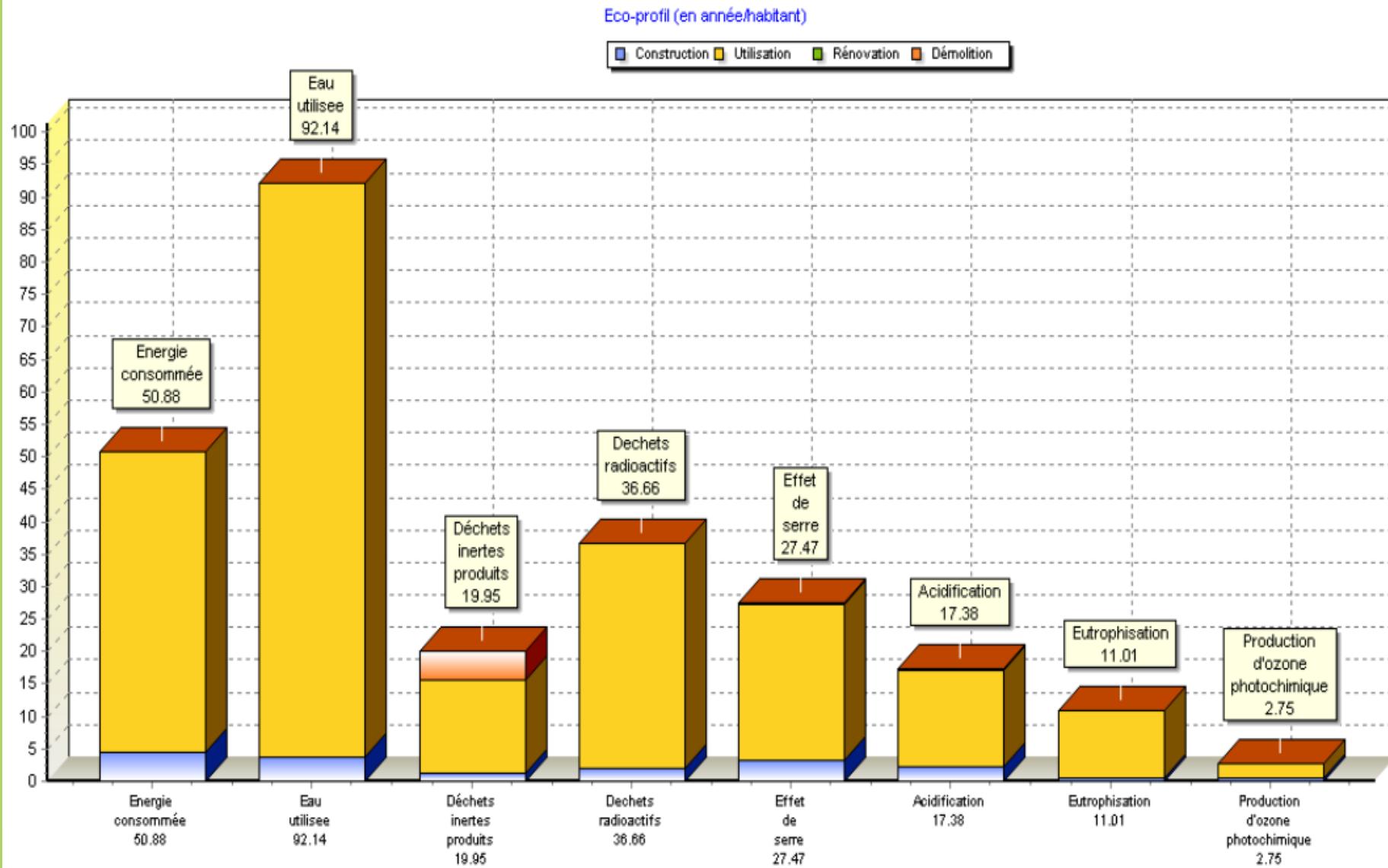
### Sorties du logiciel : les 12 indicateurs calculés

- Énergie consommée en GJ
- Ressources abiotiques (minérale) non renouvelables, sans unité
- Eau utilisée en m<sup>3</sup>
- Déchets radioactifs en dm<sup>3</sup>
- Déchets inertes produits en T
- Effets de serre en T CO<sub>2</sub>
- Acidification en kg SO<sub>2</sub>
- Formation d' ozone photochimique en kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>
- Eutrophisation en kg PO<sub>4</sub>
- Odeur en Mm<sup>3</sup>
- Toxicité humaine en kg
- Écotoxicité aquatique en m<sup>3</sup>

# Les logiciels d'ACV appliqués aux bâtiments



# Les logiciels d'ACV appliqués aux bâtiments



# Les logiciels d'ACV appliqués aux bâtiments

- **TEAM Bâtiment**
  - Développé par Ecobilan, en ligne sur : <http://www.teambatiment.com/fr>
  - Entrées des données : Parmi la liste des produits de construction disponibles, on sélectionne ceux utilisés dans notre projet et on indique ensuite leur quantité
  - Le logiciel dispose actuellement de 118 FDES, 12 ICV, 6 fiches « Énergie » et 4 fiches « Transport »

# Les logiciels d'ACV appliqués aux bâtiments

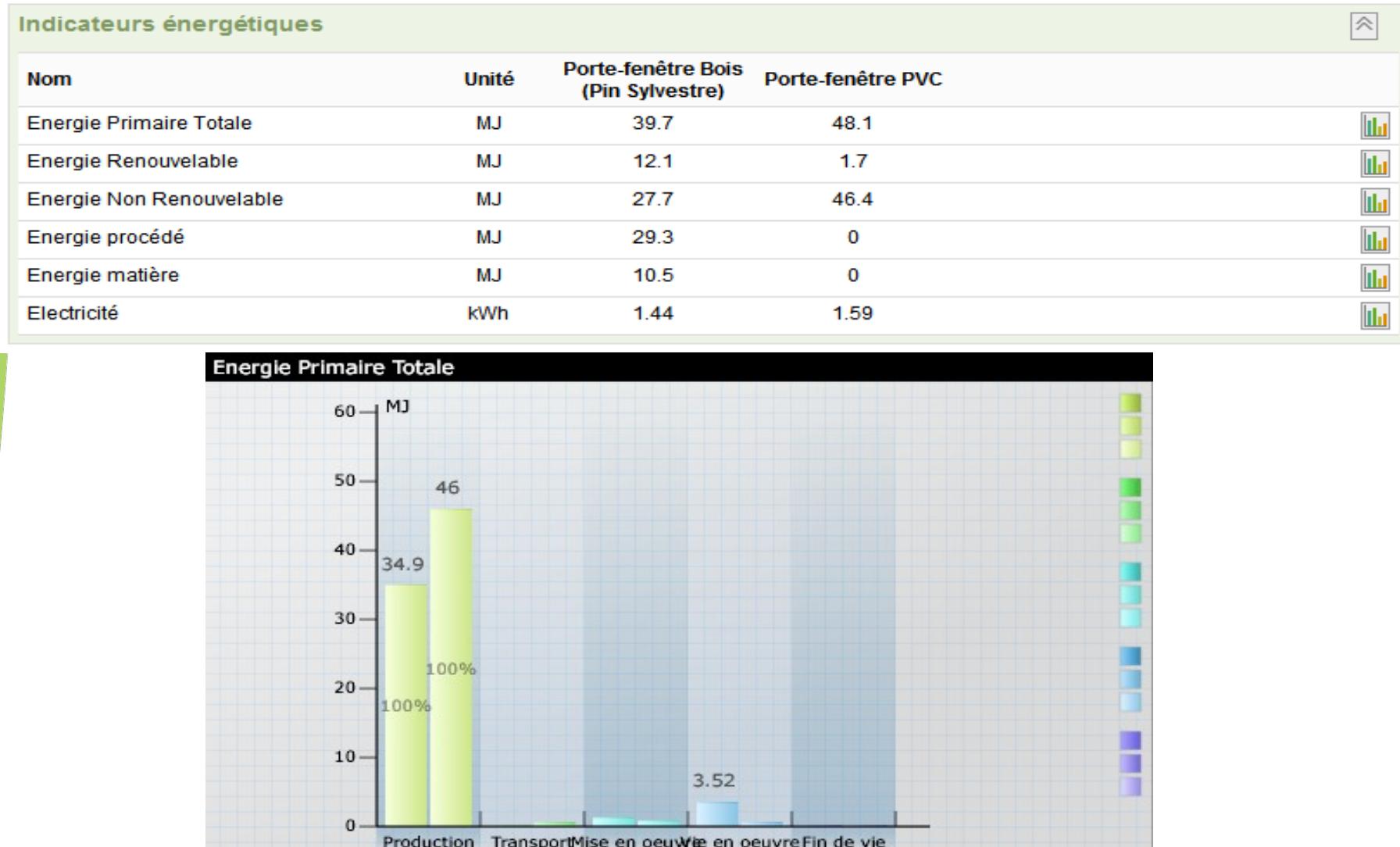
- **TEAM Bâtiment** Résultat

- L'évaluation est réalisée pour l'ensemble des flux des inventaires, tels que présentés au sein de la norme NF P 01 010. Elle est aussi réalisée pour les impacts environnementaux présentés au sein de cette même norme.
- Les résultats (inventaires et impacts environnementaux) sont présentés sous forme tabulaire et graphique, détaillés afin de permettre des analyses. Un téléchargement des données est possible par extraction des résultats dans un fichier Excel

Indicateurs énergétiques									
Nom	Unité	Production	Transport	Mise en oeuvre	Vie en oeuvre	Fin de vie	Total UF	Total DVT	
Energie Primaire Totale	MJ	34.9	0.0319	1.26	3.52	0.0666	39.7	1192	
Energie Renouvelable	MJ	11.8	1.22E-5	0.101	0.152	0.000498	12.1	363	
Energie Non Renouvelable	MJ	23	0.0319	1.16	3.37	0.0661	27.7	830	
Energie procédé	MJ	24.4	0.0319	1.23	3.52	0.063	29.3	878	
Energie matière	MJ	10.4	1.08E-7	0.0307	0	0.00355	10.5	314	
Electricité	kWh	1.44	2.27E-5	0.00201	0	0.000784	1.44	43.2	

# Les logiciels d'ACV appliqués aux bâtiments

- Team Bâtiment Sortie :



# Les logiciels d'ACV appliqués aux bâtiments

- **Cocon**

- Il s'agit d'un fichier Excel développé par Luc FLOISSAC, chercheur et enseignant à l'école d'architecture de Toulouse et conseiller libéral en environnement.
- La base de données est issue d'une compilation de 97 sources réalisées par Luc Floissac et Laure Fernandez. Luc Floissac a également réalisé des extrapolations et pris en compte des valeurs arbitraires afin de ne pas freiner l'utilisation du logiciel.
- Une version de démonstration est gratuitement disponible par téléchargement en ligne sur le site Internet :  
<http://www.eosphere.fr/COCON-logiciel-de-COmparaison-de.html>

# Les logiciels d'ACV appliqués aux bâtiments

- COCON : Entrées du logiciel
  - Description des parois
  - Composition du bâtiment

MENU		Aide		MUR		Quantités ou épaisseurs	
Parois		ossature bois - kiethon		(pour 1m <sup>2</sup> de paroi)		Unité Qté / ep	
Bâtiments							
Sources		Couches de l'extérieur vers l'intérieur de la paroi (sur 1 m <sup>2</sup> )					
[98] [1]		Bardage bois massif - 474 kg/m <sup>3</sup> λ:0,130	cm	2			
		Lame d'air ventilé - 1 kg/m <sup>3</sup> λ:0,192	cm	2,5			
[1] [31] [79]		Panneau de lamelles de bois minces orientées 0	cm	1			
[98]		Bois - léger (parralèle aux fibres) - 474 kg/m <sup>3</sup> λ:0,	cm	14			
[4]		Panneaux laine de bois Homatherm 55 kg / m <sup>3</sup> - 5	cm	14			
[4]		Panneaux laine de bois Homatherm 55 kg / m <sup>3</sup> - 5	cm	4			
[1] [89]		Plaque plâtre BA13 - 825 kg/m <sup>3</sup> λ:0,250	cm	1,25			
Eléments ponctuels non pris en compte dans les calculs thermiques (pour 1 m <sup>2</sup> )							
		Pare pluie light - SO.TEX.THO - 343 kg/m <sup>3</sup> λ:2,300	U	1			

MENU		Aide		Bâtiments: variantes morphologiques et de composition	
Nom du projet		Espace Kiéthon -centre autistes		Variantes examinées (une variante par colonne)	
Variante de bâtiments (entrer un nom ou un n°)		kiéthon			
Nb occupants / an		910 m <sup>2</sup>			
SHON		1 587 €			
Coût projet (€ HT/m <sup>2</sup> de SHON)					
Parois		462 m <sup>2</sup>			
AMÉNAGEMENTS & CLOISONS		289 m <sup>2</sup>			
A1	Cloison isolée - kiéthon	0,0			
A2		29 m <sup>2</sup>			
A3	Cloison non isolée - kiéthon	144 m <sup>2</sup>			
A4	Parement intérieur - kiéthon				
A5	Carreau de plâtre				
A6	Briques de terre comprimée				
A7	Cloison de distribution 98/48				
A8	?				
COUVERTURES		894 m <sup>2</sup>			
C1	Toiture - kiéthon	894 m <sup>2</sup>			
C2	Toit végétalisé + Dalle béton + Isol. Intérieure LV				
C3	Toit végétalisé + dalle béton+ Isol extérieure PUR				
C4	Bac acier + Laine chanvre + P. plâtre				
C5	Tuiles + caisson bois + remplissage paille				
C6	Toit végétalisé + Dalle bois massif + Isol. Extérieure Liège				
DALLES & PLANCHERS		898 m <sup>2</sup>			
D1	Plancher Bas sur extérieur - kiéthon	527 m <sup>2</sup>			
D2	Plancher sur terre plein - kiéthon	371 m <sup>2</sup>			
D3	Roulement dur - kiéthon				

# Les logiciels d'ACV appliqués aux bâtiments

- Sorties du logiciel COCON

- Selon 1 ou 2 critère(s) parmi une trentaine de critères que sont :
  - Les 17 impacts des FDES
  - Énergie primaire récupérée en kWh
  - Inertie en  $\text{kJ}/\text{m}^3 \cdot ^\circ\text{C}$
  - Résistance thermique en  $\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{K}/\text{W}$
  - Déphasage en h
  - Epaisseur en cm
  - Volume biosourcé en  $\text{m}^3$
  - Poids biosourcés en kg
  - Volume en  $\text{m}^3$
  - Poids en kg
  - Taxe carbone en €
- Selon les 16 impacts des FDES + énergie primaire récupérée en kWh
- Selon 6 notes que sont :
  - Changement climatique en kg éq  $\text{CO}_2/\text{m}^2$
  - Épuisement des ressources en kg éq Sb
  - Énergie grise en  $\text{kWh}/\text{m}^2$
  - Inertie quotidienne en  $\text{kJ}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$
  - Résistance thermique en  $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$
  - Déphasage thermique en h

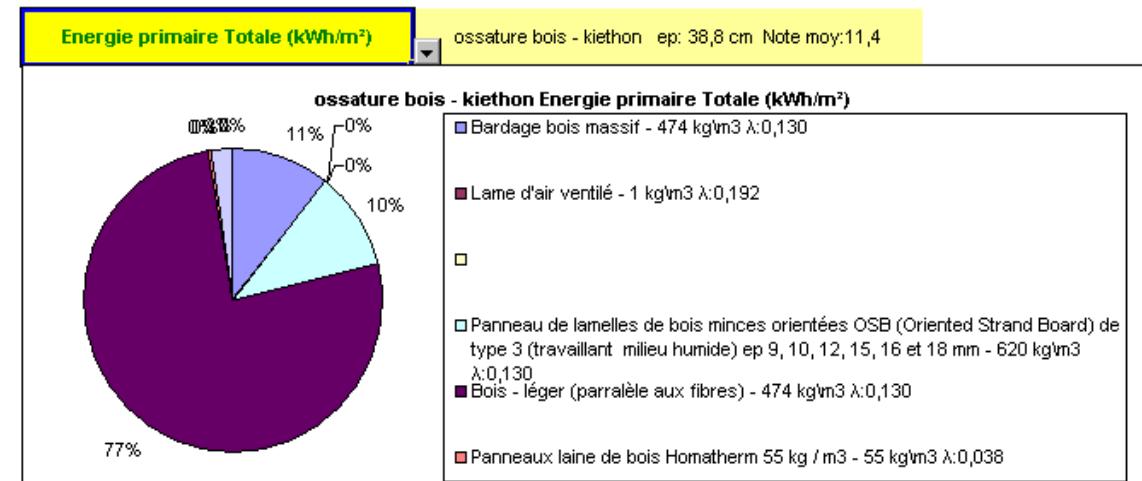
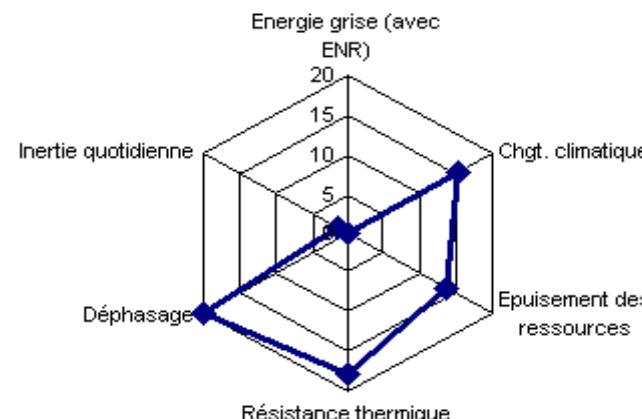
# Les logiciels d'ACV appliqués aux bâtiments

- COCON : Résultats

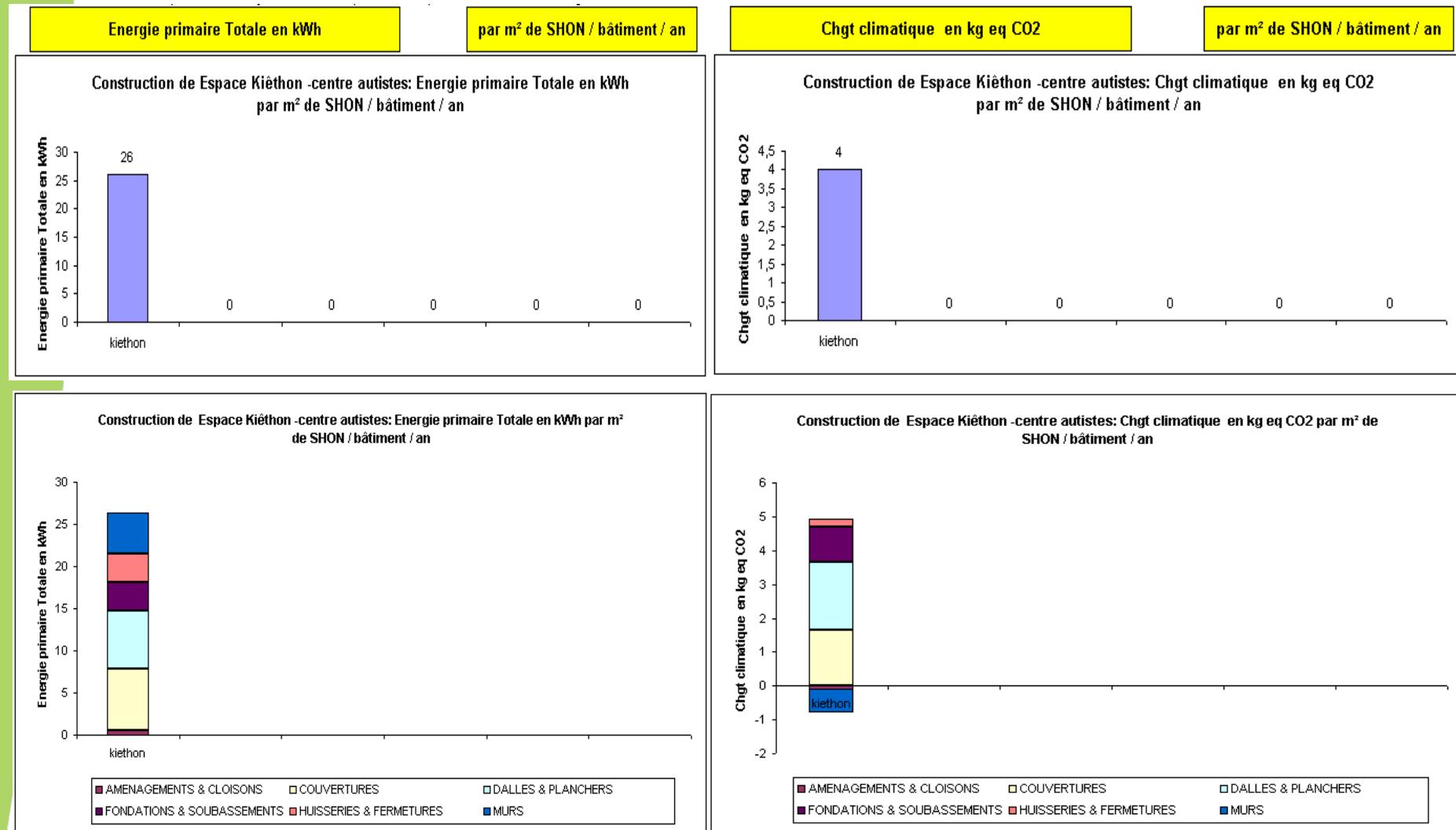
THERMIQUE		Situation vis-à-vis des performances thermiques recommandées (par la réglementation ou les labels)							
<b>Murs en contact avec l'extérieur ou avec le sol</b>		R ( $m^2 \text{ °K}/w$ ) 6,42				U ( $W/m^2\text{ °C}$ ) 0,16		Site: 35 - Ille-et-Vilaine Altitude:58	
<b>ossature bois - kiethon</b>		<b>BBC</b>		THPE		HPE		RT2005	
Seuils recommandés		min	max	min	max	min	max	min	max
Résistance thermique R ( $m^2 \text{ °K}/w$ )	4,1	5,6	3,1	4,4	2,7	3,9	2,4	3,5	
Coeff. transmission calorifique U ( $W/m^2\text{ °C}$ )	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,3	0,4	
<b>Notes</b>		<b>17,8</b>		<b>20,0</b>		<b>20,0</b>		<b>20,0</b>	
		17,8		22,8		25,3		28,1	

RÉSUMÉ & NOTES (0 à 20)	Energie grise (avec ENR)		Chgt. climatique		Epuisement des ressources		Poids biosourcé	Poids
	kWh / $m^2$	Note	kg eq	Note	kea	Note	kg/ $m^2$	kg/ $m^2$
Note moyenne <b>11,4</b>	526,4	0,0	-82,7	15,5	0,18765	13,7	92	102
<u>Taxe carbone</u>								
€ / $m^2$ <b>-1,41 €</b>	( $m^2 \text{ °K}/w$ ) <b>6,4</b>	Note <b>17,8</b>	h <b>19,4</b>	Note <b>20,0</b>	(kJ/ $m^2\text{ K}$ ) <b>17,4</b>	Note <b>1,4</b>	<b>Volume biosourcé</b> $m^3/m^2$ <b>0,350</b>	<b>Volume</b> $m^3/m^2$ <b>0,388</b>

ossature bois - kiethon ep: 38,8 cm Note moy:11,4



# Les logiciels d'ACV appliqués aux bâtiments



# Les logiciels d'ACV appliqués aux bâtiments

## ELODIE

- Le logiciel a été conçu par le CSTB en lien avec la création du label HQE Performance ainsi que la norme française expérimentale NF XP 01-020-3.
- Utilisation FDES, PEP (profil environnemental des produits répertoriant les équipements électriques et électroniques) et fiches dites « ELODIE », réalisées par le CSTB
- Un accès à la version de démonstration est gratuitement disponible en ligne sur le site Internet : <http://www.elodie-cstb.fr/Default.aspx>
- Ce logiciel prend en compte 3 postes :
  - La contribution des produits de construction
  - La contribution de la consommation d'énergie du bâtiment usage
  - La contribution de la consommation d'eau du bâtiment usage

# Les logiciels d'ACV appliqués aux bâtiments

- Entrées
  - Module Composant
    - Nom des composants
    - Quantité
    - Fiches correspondantes
  - Module Energie
    - Usage avec type d'énergie utilisé
    - Consommation en énergie finale
    - Fiche correspondant à l'énergie utilisé
  - Module Eau
    - Caractéristiques du logement
    - Caractéristiques du réseau de distribution
    - Caractéristiques des équipements

# Les logiciels d'ACV appliqués aux bâtiments

- Les résultats sont calculés selon 17 indicateurs :
  - Consommations ressources énergétiques : Énergie primaire totale en kWh
  - Consommations ressources énergétiques : Énergie renouvelable en kWh
  - Consommations ressources énergétiques : Énergie non renouvelable en kWh
  - Épuisement des ressources en Kg éq Sb (étain)
  - Consommation d'eau en L
  - Déchets dangereux éliminés en Kg
  - Déchets non dangereux éliminés en Kg
  - Déchets inertes éliminés en Kg
  - Déchets radioactifs éliminés en Kg
  - ...

# Les logiciels d'ACV appliqués aux bâtiments

- Les résultats sont calculés selon 17 indicateurs :
  - ...
  - Changement climatique en Kg éq CO2
  - Acidification atmosphérique en Kg éq SO2
  - Pollution de l'air en m3
  - Pollution de l'eau en m3
  - Formation d'ozone photochimique en kg éq éthylène
  - Destruction de la couche d'ozone stratosphérique en kg éq CFC
  - Consommations ressources énergétiques : Énergie primaire procédé en kWh
  - Eutrophisation en kg éq PO4

# Les logiciels d'ACV appliqués aux bâtiments

- Entrées

The screenshot shows the Elodie software interface. The top navigation bar includes 'Projets', 'Résultats', 'Bibliothèques', 'Paramètres', 'Aide', and 'Se déconnecter'. The user 'Nicolas Laveissiere' is logged in. The main area is titled 'Composant' with the sub-label 'isolant'. The 'Nom du composant' field contains 'isolant'. The 'Description du composant' field is empty. Below these fields is a large text input area. At the bottom of the main panel, there is a section titled 'Choisir une fiche pour ce composant' with four options: 'Choisir un produit dans la base INIES', 'Choisir un produit Elodie', 'Chercher un produit', and 'Créer un nouveau produit'. The sidebar on the left shows a project tree with various categories like 'Regard de visite EP', 'Caniveaux PVC', and 'Lot Gros Oeuvre'. The bottom section is titled 'Résultats'.

# Les logiciels d'ACV appliqués aux bâtiments

- Sortie Elodie

The screenshot shows the Elodie software interface. At the top, there is a navigation bar with tabs for Projets, Résultats, Bibliothèques, Paramètres, Aide, and Se déconnecter. The user is logged in as Nicolas Laveissiere. On the left, a sidebar titled 'Projet' lists various building components: Maison individuelle, Module Composant, Lot Voirie - réseaux divers, Lot Gros Oeuvre, Lot revêtement de façade, Couverture - Etanchéité, Lot Menuiseries (intérieur), Lot isolation / cloisonner, Lot peinture & revêtement, Lot charpente, Lot chape & revêtement, Lot plomberie - sanitaire, Lot chauffage, Lot électrique, Module Energie, Module Eau, and Module Chantier. Below this is a 'Résultats' section for 'Lot Gros Oeuvre' showing energy consumption: 11.788 kWh / m² shon / an for primary energy and 0.707 kWh / m² shon / an for renewable energy. The main content area is titled 'Zone - Résultats détaillés' for 'Lot Gros Oeuvre'. It shows a list of environmental impacts with their values, units, and proportions of FDES (French Environmental Footprint Standard) impacts. The impacts listed are: Consommation de ressources énergétiques - énergie primaire totale (1.178843e01 kWh / m² SHON / an, 33.7%), Consommation de ressources énergétiques - énergie renouvelable (7.06936e-01 kWh / m² SHON / an, 48.6%), Consommation de ressources énergétiques - énergie non renouvelable (1.118198e01 kWh / m² SHON / an, 32.4%), Epuisement de ressources (1.701532e-02 kg eq. Antimoine / m² SHON / an, 26.6%), Consommation d'eau (7.2913e01 L / m² SHON / an, 10.2%), Déchets dangereux éliminés (1.941494e-03 kg / m² SHON / an, 60.5%), Déchets non dangereux éliminés (4.088319e00 kg / m² SHON / an, 3.2%), Déchets inertes éliminés (3.449727e01 kg / m² SHON / an, 7.3%), Déchets radioactifs éliminés (2.220582e-04 kg / m² SHON / an, 14.4%), Changement climatique (4.278292e00 kg équivalent CO2 / m² SHON / an, 26.0%), Acidification atmosphérique (1.078537e-02 kg équivalent SO2 / m² SHON / an, 22.7%), Pollution de l'air (4.997045e02 m3 / m² SHON / an, 13.3%), Pollution de l'eau (1.47614e02 m3 / m² SHON / an, 1.1%), Formation d'ozone photochimique (1.666851e-04 kg équivalent éthylène / m² SHON / an, 100.0%), Destruction de la couche d'ozone stratosphérique (1.274136e-07 kg équivalent CFC R11 / m² SHON / an, 0%), Consommation de ressources énergétiques - énergie primaire procédé (7.622826e00 kWh / m² SHON / an, 0%), and Eutrophisation (1.880345e-03 kg eq. PO4(3-) / m² SHON / an, 0%).

Nom de l'impact environnemental	Valeur	Unité	Proportion FDES Inies
Consommation de ressources énergétiques - énergie primaire totale	1.178843e01	kWh / m <sup>2</sup> SHON / an	33.7%
Consommation de ressources énergétiques - énergie renouvelable	7.06936e-01	kWh / m <sup>2</sup> SHON / an	48.6%
Consommation de ressources énergétiques - énergie non renouvelable	1.118198e01	kWh / m <sup>2</sup> SHON / an	32.4%
Epuisement de ressources	1.701532e-02	kg eq. Antimoine / m <sup>2</sup> SHON / an	26.6%
Consommation d'eau	7.2913e01	L / m <sup>2</sup> SHON / an	10.2%
Déchets dangereux éliminés	1.941494e-03	kg / m <sup>2</sup> SHON / an	60.5%
Déchets non dangereux éliminés	4.088319e00	kg / m <sup>2</sup> SHON / an	3.2%
Déchets inertes éliminés	3.449727e01	kg / m <sup>2</sup> SHON / an	7.3%
Déchets radioactifs éliminés	2.220582e-04	kg / m <sup>2</sup> SHON / an	14.4%
Changement climatique	4.278292e00	kg équivalent CO2 / m <sup>2</sup> SHON / an	26.0%
Acidification atmosphérique	1.078537e-02	kg équivalent SO2 / m <sup>2</sup> SHON / an	22.7%
Pollution de l'air	4.997045e02	m <sup>3</sup> / m <sup>2</sup> SHON / an	13.3%
Pollution de l'eau	1.47614e02	m <sup>3</sup> / m <sup>2</sup> SHON / an	1.1%
Formation d'ozone photochimique	1.666851e-04	kg équivalent éthylène / m <sup>2</sup> SHON / an	100.0%
Destruction de la couche d'ozone stratosphérique	1.274136e-07	kg équivalent CFC R11 / m <sup>2</sup> SHON / an	0%
Consommation de ressources énergétiques - énergie primaire procédé	7.622826e00	kWh / m <sup>2</sup> SHON / an	0%
Eutrophisation	1.880345e-03	kg eq. PO4(3-) / m <sup>2</sup> SHON / an	0%

# Les logiciels d'ACV appliqués aux bâtiments

## • Sortie elodie

Maison en béton cellulaire Aurillac V1

## Tableau récapitulatif des impacts environnementaux

<b>Consommation de ressources énergétiques</b>	Energie primaire totale Energie renouvelable Energie non renouvelable Energie primaire procédé	(kWh / m <sup>2</sup> SHON)
<b>Epuisement des ressources</b>		(kg équivalent Antimoine / m <sup>2</sup> SHON)
<b>Consommation d'eau totale</b>		(L / m <sup>2</sup> SHON)
<b>Déchets solides éliminés</b>	Déchets dangereux Déchets non dangereux Déchets inertes Déchets radioactifs	(kg / m <sup>2</sup> SHON)
<b>Changement climatique</b>		(kg équivalent CO <sub>2</sub> / m <sup>2</sup> SHON)
<b>Acidification atmosphérique</b>		(kg équivalent SO <sub>2</sub> / m <sup>2</sup> SHON)
<b>Pollution de l'air</b>		(m <sup>3</sup> / m <sup>2</sup> SHON)
<b>Pollution de l'eau</b>		(m <sup>3</sup> / m <sup>2</sup> SHON)
<b>Formation d'ozone photochimique</b>		(kg équivalent éthylène / m <sup>2</sup> SHON)
<b>Destruction de la couche d'ozone stratosphérique</b>		(kg équivalent CFC R11 / m <sup>2</sup> SHON)
<b>Eutrophisation</b>		(kg équivalent PO <sub>4</sub> (3-) / m <sup>2</sup> SHON)

## Mise en forme conditionnelle

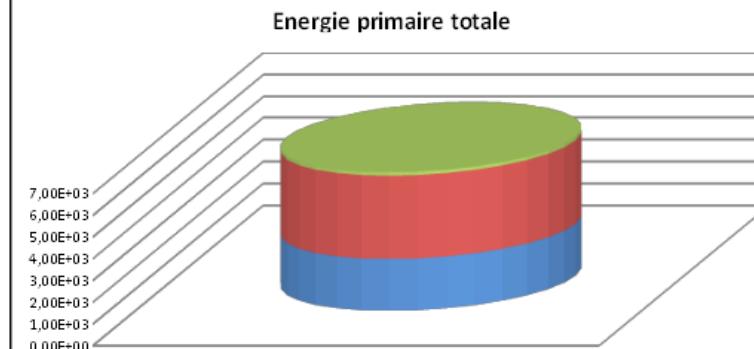
Contribution environnementale 10% < < 20%

Contribution environnementale > 20%

### Valeur minimale

### Valeur maximale

Total cycle de vie complet - tous modules confondus	Total cycle de vie complet - module Produits et Matériaux de construction		Total cycle de vie complet - module <u>Energie</u>		Total cycle de vie complet - module Eau		Total cycle de vie complet - module Chantier	
	Valeur	%	Valeur	%	Valeur	%	Valeur	%
Maison individuelle	Maison individuelle	Maison individuelle	Maison individuelle	Maison individuelle	Maison individuelle	Maison individuelle	Maison individuelle	Maison individuelle
6,3665E+03	2,38E+03	100,00%	3,83E+03	100,00%	1,58E+02	100,00%	0,00E+00	-
1,2056E+03	5,26E+02	100,00%	6,62E+02	100,00%	1,79E+01	100,00%	0,00E+00	-
5,1040E+03	1,81E+03	100,00%	3,16E+03	100,00%	1,40E+02	100,00%	0,00E+00	-
4,8549E+03	8,22E+02	100,00%	3,83E+03	100,00%	0,00E+00	-	0,00E+00	-
6,2602E+00	2,52E+00	100,00%	3,50E+00	100,00%	2,35E-01	100,00%	0,00E+00	-
8,5405E+04	7,14E+03	100,00%	9,43E+02	100,00%	7,73E+04	100,00%	0,00E+00	-
2,0184E+01	1,64E+00	100,00%	4,41E-03	100,00%	1,85E+01	100,00%	0,00E+00	-
5,6881E+02	5,55E+02	100,00%	7,59E-01	100,00%	1,28E+01	100,00%	0,00E+00	-
2,4256E+03	2,32E+03	100,00%	7,21E+01	100,00%	3,06E+01	100,00%	0,00E+00	-
1,0473E+01	5,46E-02	100,00%	4,66E-02	100,00%	3,45E-03	100,00%	0,00E+00	-
9,4910E+02	4,40E+02	100,00%	4,68E+02	100,00%	4,10E+01	100,00%	0,00E+00	-
2,6018E+00	1,77E+00	100,00%	5,84E-01	100,00%	2,44E-01	100,00%	0,00E+00	-
2,4681E+05	2,34E+05	100,00%	8,93E+03	100,00%	4,30E+03	100,00%	0,00E+00	-
6,4071E+04	2,83E+04	100,00%	3,22E+03	100,00%	3,26E+04	100,00%	0,00E+00	-
3,1550E-01	3,05E-01	100,00%	5,07E-05	100,00%	1,04E-02	100,00%	0,00E+00	-
2,9855E+05	2,14E+05	100,00%	5,72E-06	100,00%	2,73E-06	100,00%	0,00E+00	-
7,9337E-01	1,87E-01	100,00%	-	-	6,06E-01	100,00%	0,00E+00	-

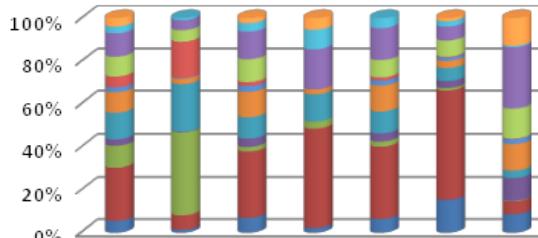


# Les logiciels d'ACV appliqués aux bâtiments

- Sortie Elodie

Impacts environnementaux	Unités	Module Composant	Lot Voie - réseaux divers	Lot Gros Oeuvre	Lot revêtement de façades	Couverture - Etanchéité	Lot Menuiseries (intérieures / extérieures)	Lot cloisons plafond
Consommation de ressources énergétiques	Energie primaire totale (kWh / m <sup>2</sup> SHON)	2,38E+03	1,29E+02	5,89E+02	2,42E+02	7,20E+01	2,97E+02	
	Energie renouvelable (kWh / m <sup>2</sup> SHON)	5,26E+02	6,68E+00	3,53E+01	2,04E+02	1,10E+00	1,17E+02	
	Energie non renouvelable (kWh / m <sup>2</sup> SHON)	1,81E+03	1,23E+02	5,39E+02	3,86E+01	7,06E+01	1,79E+02	
	Energie primaire procédé (kWh / m <sup>2</sup> SHON)	8,22E+02	1,71E+01	3,81E+02	2,70E+01		1,05E+02	
Epuisement des ressources			2,52E+00	1,60E-01	8,51E-01	6,18E-02	9,54E-02	2,59E-01
	Consommation d'eau totale (L / m <sup>2</sup> SHON)	7,14E+03	1,09E+03	3,85E+03	7,82E+01	2,39E+02	4,31E+02	
Déchets solides éliminés	Déchets dangereux (kg / m <sup>2</sup> SHON)	1,64E+00	1,40E-01	9,71E-02	4,96E-03	1,76E-01	5,74E-02	
	Déchets non dangereux (kg / m <sup>2</sup> SHON)	5,55E+02	7,81E+00	2,04E+02	2,95E+01	1,32E+00	2,77E+01	
	Déchets inertes (kg / m <sup>2</sup> SHON)	2,32E+03	4,23E+02	1,72E+03	1,29E+00	6,12E+01	7,47E+00	
	Déchets radioactifs (kg / m <sup>2</sup> SHON)	5,46E-02	3,27E-03	1,11E-02	1,32E-03	2,81E-03	1,94E-02	
Changement climatique		4,40E+02	2,69E+01	2,14E+02	5,50E+00	1,36E+01	3,88E+01	
Acidification atmosphérique		1,77E+00	9,81E-02	5,39E-01	5,31E-02	5,54E-02	2,27E-01	
Pollution de l'air		2,34E+05	2,10E+03	2,50E+04	1,64E+03	1,08E+03	6,41E+03	
Pollution de l'eau		2,83E+04	5,17E+02	7,38E+03	7,98E+02	5,92E+01	2,74E+03	
Formation d'ozone photochimique		3,05E-01	4,10E-03	8,33E-03	1,18E-02	4,86E-03	1,17E-02	
Destruction de la couche d'ozone stratosphérique		2,14E-05	7,46E-07	6,37E-06	5,85E-07	0,00E+00	1,75E-06	
Eutrophisation		1,87E-01	3,26E-03	9,40E-02	6,39E-03		2,50E-02	

- Lot électricité
- Lot chauffage
- Lot plomberie - sanitaire
- Lot chape & revêtement de sol
- Lot charpente
- Lot peinture & revêtements muraux
- Lot isolation / doublage / plafond suspendu
- Lot Menuiseries (intérieures / extérieures)
- Couverture - Etanchéité
- Lot revêtement de façades
- Lot Gros Oeuvre



Energie primaire totale  
Energie renouvelable  
Energie non renouvelable  
Energie primaire procédé  
Epuisement des ressources  
Consommation d'eau totale  
Déchets dangereux

# Sommaire

Introduction

Définitions

- Énergie primaire
- Énergie grise
- Analyse de cycle de vie
- Énergie primaire matière, procédé, renouvelable ou non

Les bases de données disponibles (*INIES, ECOINVENT, KBOB / eco-bau*)

Les logiciels d'ACV appliqués aux bâtiments

Exemples d'études

- Logements collectifs à Beaumont
- Maisons individuelles à Aurillac

Conclusion



# Exemples d'études

## Logements collectifs à Beaumont

Type de maison	Immeuble collectif béton armé
Nombre de niveaux	R+3
Surface hors œuvre nette	1677,82 m <sup>2</sup>
Valeur du Cep (consommation d'énergie primaire)	59,46
Nombre d'occupants	34
ECS	Solaire
Chauffage	Chaudière gaz collective
Durée de vie programmée	50 ans



Maison de l'Habitat, vendredi 10 juin 2011

# Exemples d'études

## Description du Bâtiment

17 logements collectifs sociaux répartis en 10 T2, 5 T3 et 2 T4..  
R+3 conception bioclimatique, dispose d'une double orientation.

### Nature de la structure du bâtiment (mode constructif) :

Au sous-sol, les murs sont des voiles en béton armé. Aux différents étages, l'enveloppe est une ossature en béton armé isolée par l'extérieur (laine minérale et bardage bois).

Au nord-est, l'enveloppe sera une ossature en bois (bardage horizontal, pare pluie, OSB, ossature bois primaire avec laine minérale sur 140mm, 60mm d'isolant et 2 BA13).

Les planchers séparant les étages sont des planchers en béton armé.

### Les principaux matériaux employés (murs/isolation/vitrage, etc.) :

Bois, béton, plâtre, double vitrage 4/16/4

### Les équipements installés :

Le chauffage est collectif avec deux chaudières gaz.

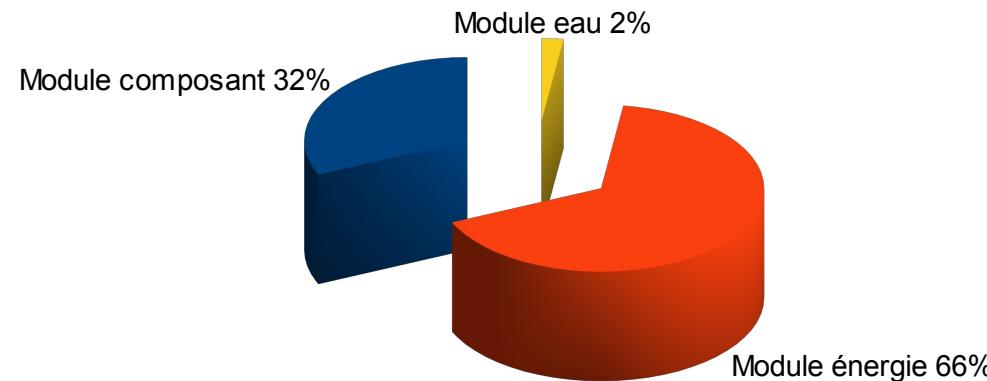
Des capteurs solaires participent au chauffage de l'eau chaude sanitaire.

Ventillation SF Hygroréglable.

# Exemples d'études

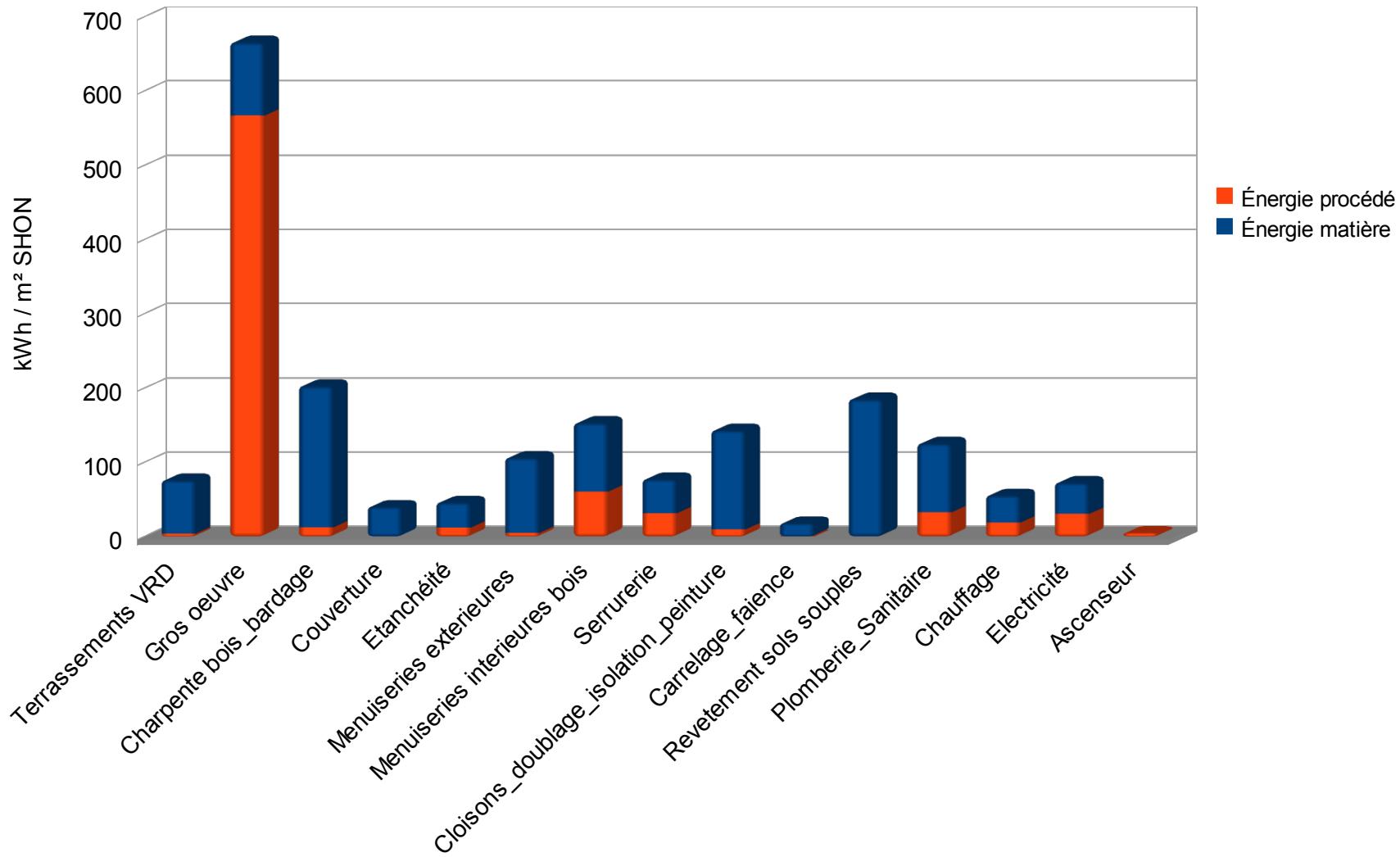
## Logements collectifs à Beaumont

- Module composant :
  - 1 970 kWh / m<sup>2</sup> SHON soit 39 kWh / m<sup>2</sup> SHON /an  
dont énergie procédé : 17 kWh / m<sup>2</sup> SHON /an
- Module énergie
  - 4 111 kWh / m<sup>2</sup> SHON soit 82 kWh / m<sup>2</sup> SHON /an
- Module eau
  - 135 kWh / m<sup>2</sup> SHON soit 3 kWh / m<sup>2</sup> SHON /an



# Exemples d'études

## Logements collectifs à Beaumont



# Exemples d'études

## Maisons individuelles Aurillac



# Exemples d'études

## Maisons individuelles à Aurillac

Type de maison	Béton cellulaire (thermopierre)	Brique monomur
Nombre de niveaux	R+1	R+1
Surface hors œuvre nette	115,95	113,19
Valeur du Cep (consommation d'énergie primaire)	57,33	64,82
Nombre d'occupants	3	3
ECS	Solaire	Solaire
Chauffage	Chaudière à condensation	Pompe à chaleur air / eau
Durée de vie programmée	50 ans	50 ans

# Exemples d'études

## Description du Bâtiment

Les pavillons présentent la même orientation Nord/Sud et la même géométrie.

## Nature de la structure du bâtiment (mode constructif)

Ce sont des logements individuels traversants en RdC et Murs en Thermopierre, Double vitrages à lame d'Argon montés sur cadre traditionnel PVC.

## Description du Bâtiment

Les pavillons présentent la même orientation Nord/Sud et la même géométrie.

## Nature de la structure du bâtiment (mode constructif)

Murs porteurs à inertie, isolés par l'extérieur.  
Murs en brique à isolation répartie.  
Double vitrages à lame d'Argon montés sur cadre traditionnel PVC.

# Exemples d'études

## Description du Bâtiment

### Les principaux matériaux employés (murs/isolation/vitrage, etc.)

Béton, PSE, laine minérale, plâtre, double vitrage 4/16/4

### Les équipements installés

Les systèmes de production de chaleur (chaudière à condensation) et d'eau chaude sanitaire (ECS solaire) sont individuels.

La ventilation est de type mécanique Hygro-B.

## Description du Bâtiment

### Les principaux matériaux employés (murs/isolation/vitrage, etc.)

Brique, PSE, laine minérale, plâtre, double vitrage 4/16/4

### Les équipements installés

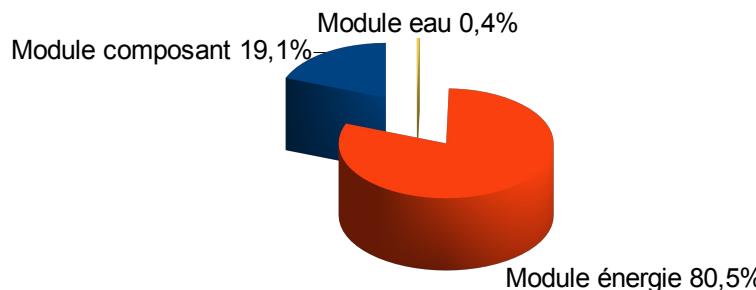
Les systèmes de production de chaleur (PAC Air/eau) et d'eau chaude sanitaire (ECS solaire) sont individuels.

La ventilation est de type Double Flux.

# Exemples d'études

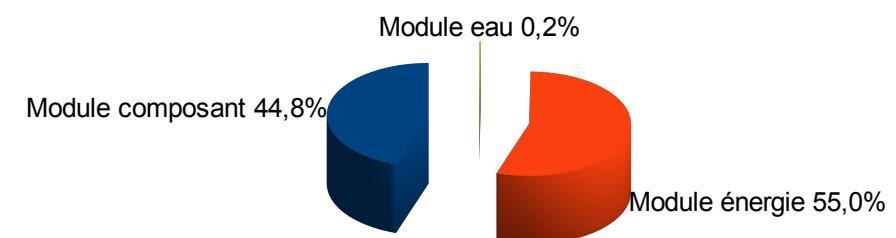
## Maison béton cellulaire

- Module composant :
  - 2 376 kWh / m<sup>2</sup> SHON soit 48 kWh / m<sup>2</sup> SHON /an  
dont énergie procédé : 16 kWh/m<sup>2</sup>/an
- Module énergie
  - 3 833 kWh / m<sup>2</sup> SHON soit 77 kWh / m<sup>2</sup> SHON /an
- Module eau
  - 19 kWh / m<sup>2</sup> SHON soit 0,38 kWh / m<sup>2</sup> SHON /an



## Maison monomur

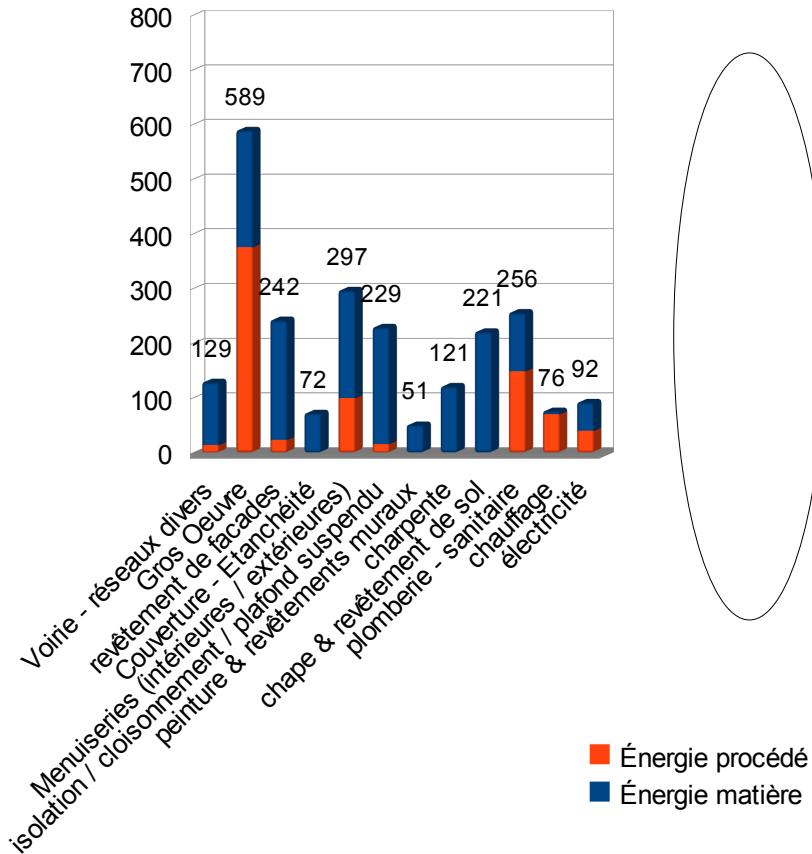
- Module composant :
  - 3 719 kWh / m<sup>2</sup> SHON soit 74 kWh / m<sup>2</sup> SHON /an  
dont énergie procédé : 30 kWh/m<sup>2</sup>/an
- Module énergie
  - 4 560 kWh / m<sup>2</sup> SHON soit 91 kWh / m<sup>2</sup> SHON /an
- Module eau
  - 19 kWh / m<sup>2</sup> SHON soit 0.38 kWh / m<sup>2</sup> SHON /an



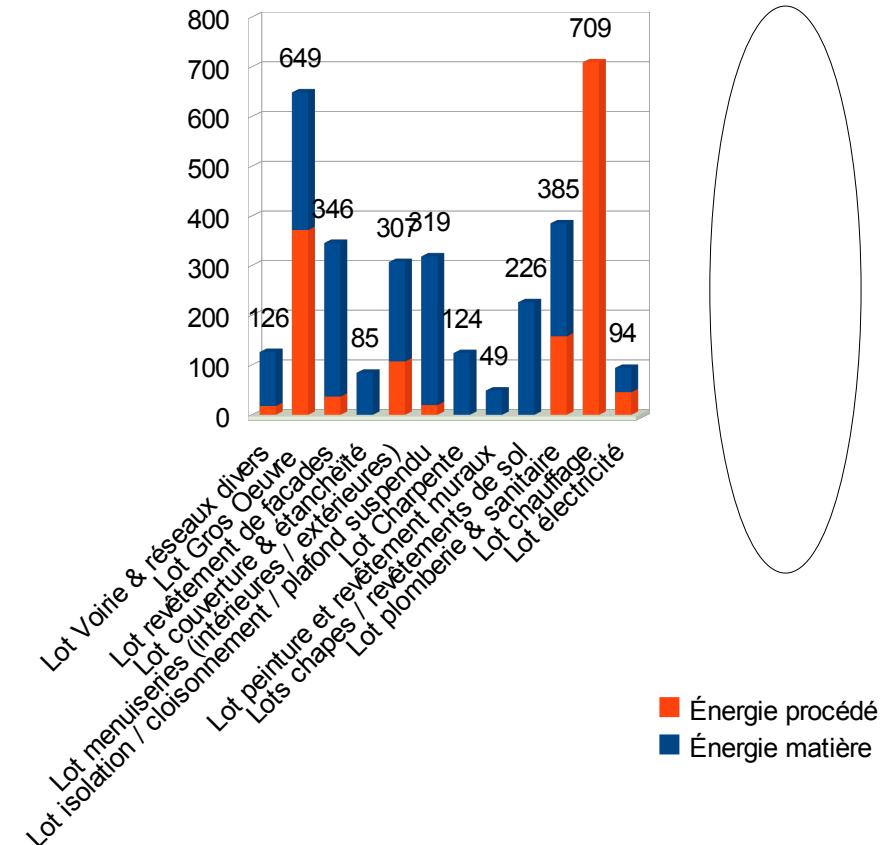
# Exemples d'études

Résultats globaux des ouvrages :

## Maison béton cellulaire



## Maison monomur



# Conclusion

Les performances thermiques imposées par la réglementation ne cessent de progresser, imposant ainsi des sur-isolations, des systèmes et des matériaux plus sophistiqués.

Les premières analyses détaillées montrent que l'énergie grise est du même ordre que l'énergie consommée en fonctionnement sur la durée de vie de l'ouvrage dès lors que celui-ci atteint des performances de niveau BBC ou RT 2012.

L'énergie liée à la (dé)construction d'un bâtiment est donc dores et déjà un enjeu majeur.



# Merci de votre attention



Ministère  
de l'Écologie,  
du Développement  
durable,  
des Transports  
et du Logement

## CETE DE LYON – DLCF Unité Éco-Construction et Acoustique

Ministère de l'Écologie, du Développement durable,  
des Transports et du Logement

[www.developpement-durable.gouv.fr](http://www.developpement-durable.gouv.fr)

Ressources, territoires, habitats et logement  
Énergies et climat Développement durable  
Prévention des risques Infrastructures, transports et mer

Présent  
pour  
l'avenir