

# M4

## Stratégies pour la réduction de la demande énergétique : le potentiel de la construction et de la réhabilitation



# CONTENTS

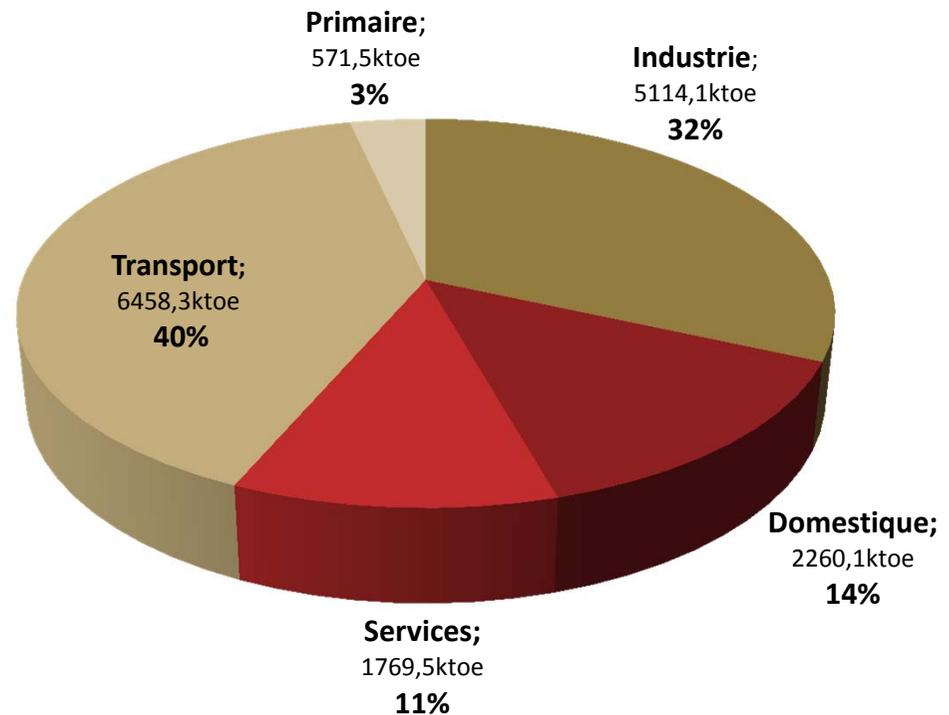
---

1. // Introduction
  - 1.1. La consommation d'énergie dans le secteur de la construction
  - 1.2. Analyse du cycle de vie – une approche holistique
  - 1.3. Energie grise des matériaux de construction
2. // La performance énergétique des bâtiments: cadre législatif
  - 2.1 La directive européenne 2002/91/EC
  - 2.2 La directive européenne 2010/31/EC
  - 2.3 Labels et certifications
3. // Paramètres de la performance énergétique des bâtiments
  - 3.1. Passif: Inertie thermique/ Isolation/ Contrôle solaire/ Ventilation
  - 3.2. Hybride: Free cooling / récupération de la chaleur/ géothermie
  - 3.3. Actif: Installations à haut rendement énergétique
  - 3.4. Systèmes de gestion et de contrôle
4. // Mesures pour promouvoir la rénovation énergétique des bâtiments
  - 4.1. L'importance de la rénovation énergétique des bâtiments
  - 4.2. Règlements d'urbanisme novateurs

# 1. Introduction

## 1.1. La consommation d'énergie dans le secteur de la construction

Part du secteur de la construction dans les émissions de CO<sub>2</sub> en Europe: 40%. [1]



**Répartition de la consommation d'énergie finale par secteur.**

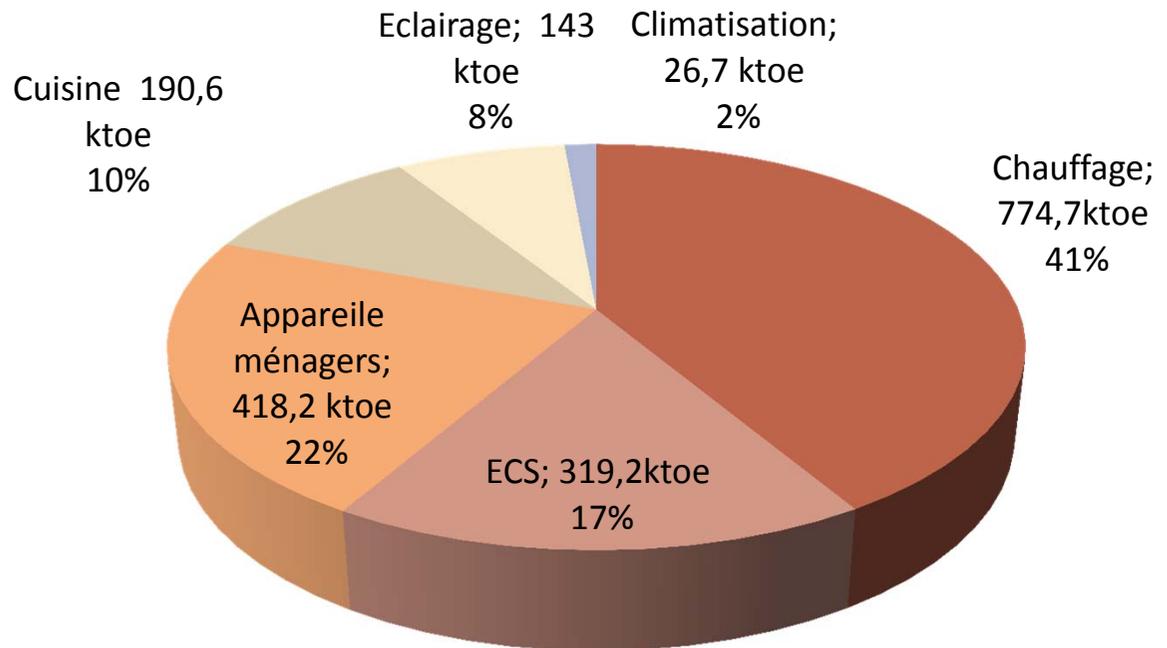
**Total consommation d'énergie finale : 9714 ktep. en Catalogne, Espagne, 2007, Source: ICAEN**

[1] EPBD - *Energy Performance Buildings Directive* 2002/91/EC 4th of January 2003  
*Official Journal of the European Communities*

# 1. Introduction

## 1.1. La consommation d'énergie dans le secteur de la construction

Consommation d'énergie finale dans le secteur résidentiel en Catalogne



Consommation d'énergie finale domestique/ m <sup>2</sup> de résidence principale 2007	Consommation d'énergie totale	chauffage	cuisine /ECS	Appareils ménagers	éclairage	Climatisation
kWh/m <sup>2</sup>	83.0	34.3	22.9	18.5	6.4	1.2

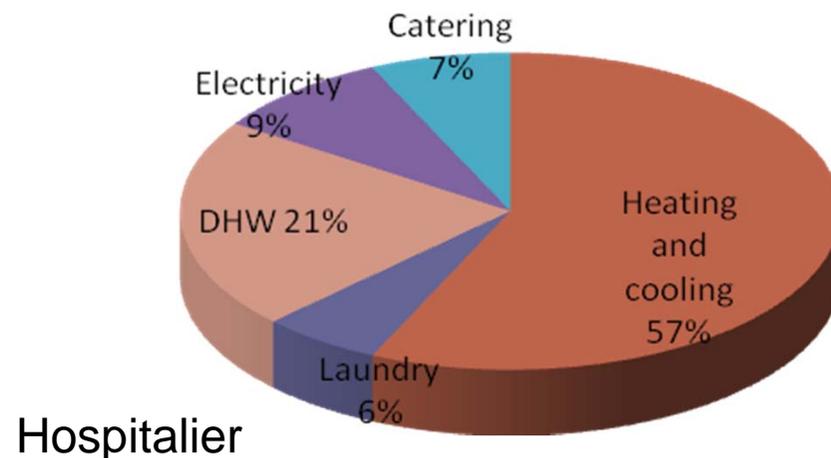
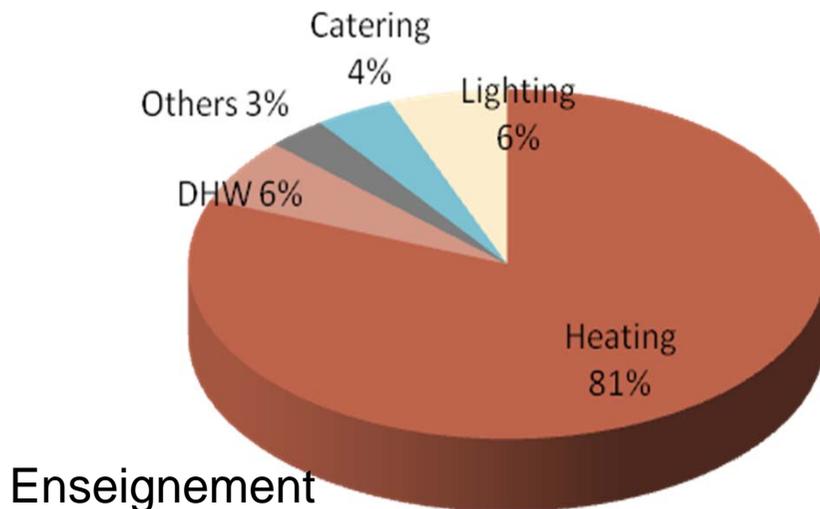
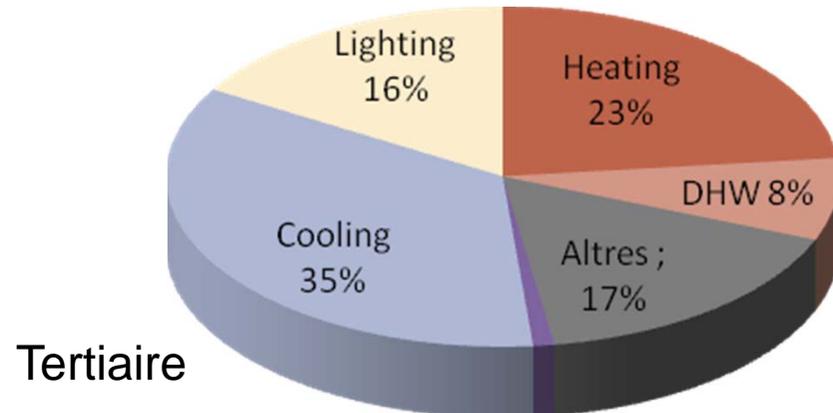
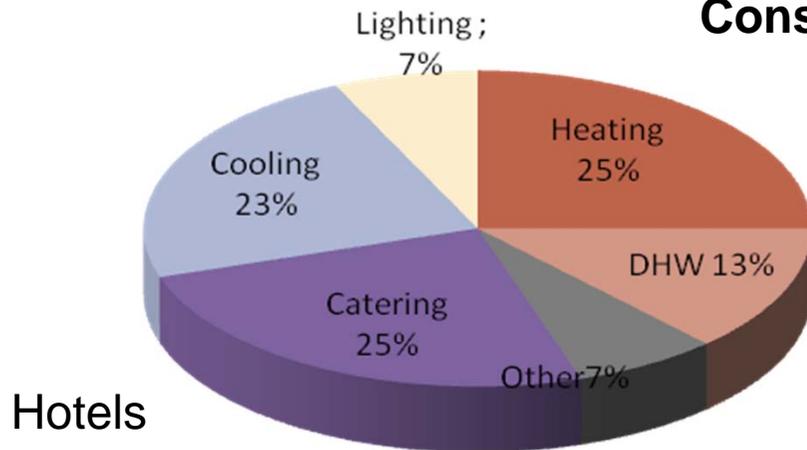
Source. Associació LIMA – Low Impact Mediterranean Architecture, “Regional Benchmark Analysis”, based on data from IDESCAT and ICAEN, elaborated in the frame of the MARIE project, 9/2011



# 1. Introduction

## 1.1. La consommation d'énergie dans le secteur de la construction

### Consommation d'énergie finale dans les services

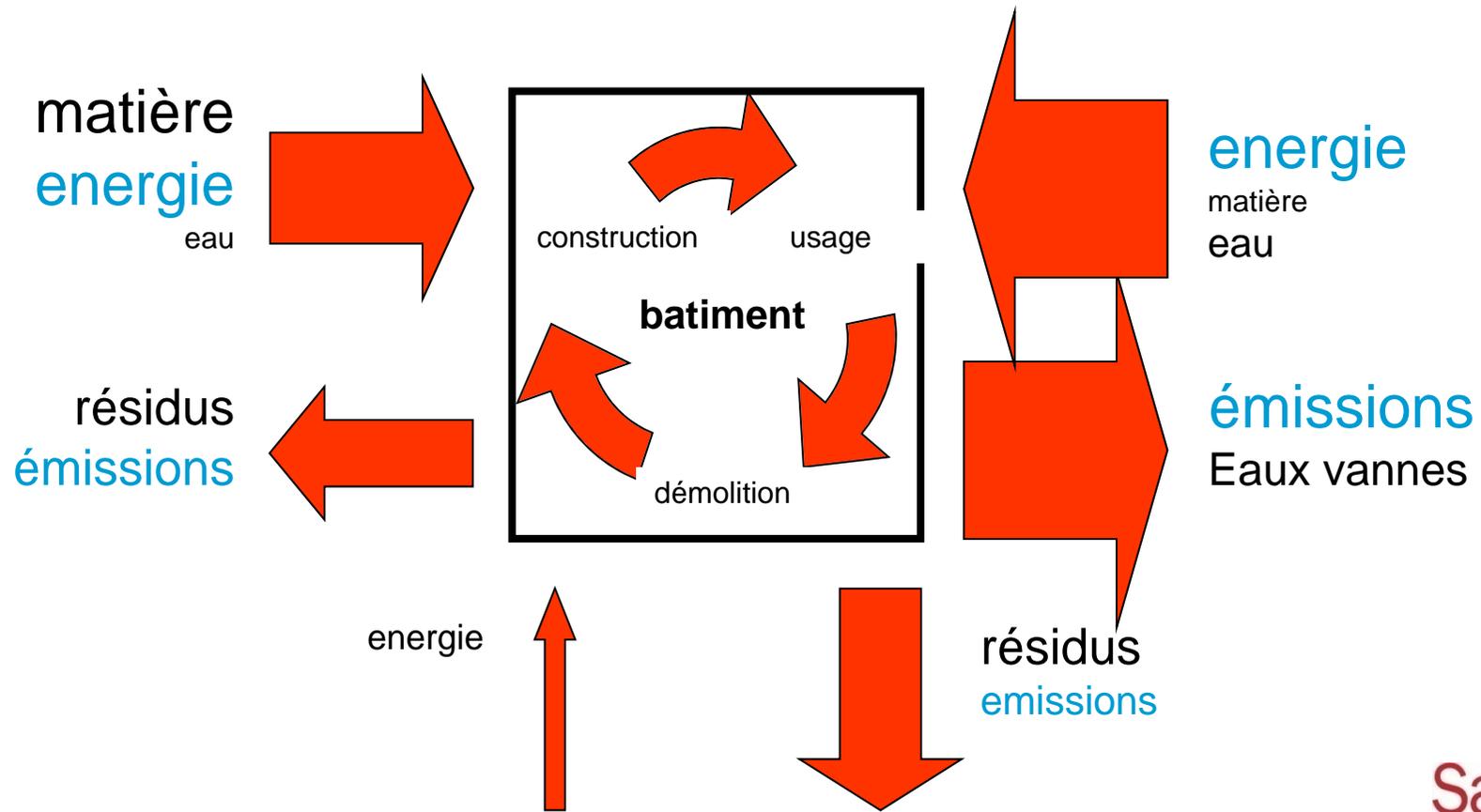


ICAEN (2004): Dades de consums i comportament energètic per a diferents sectors consumidors Projecte Ciutat Sostenible. Fòrum Barcelona 2.004

# 1. Introduction

## 1.2. Analyse du cycle de vie – une approche holistique

Modèle actuel du cycle des ressources

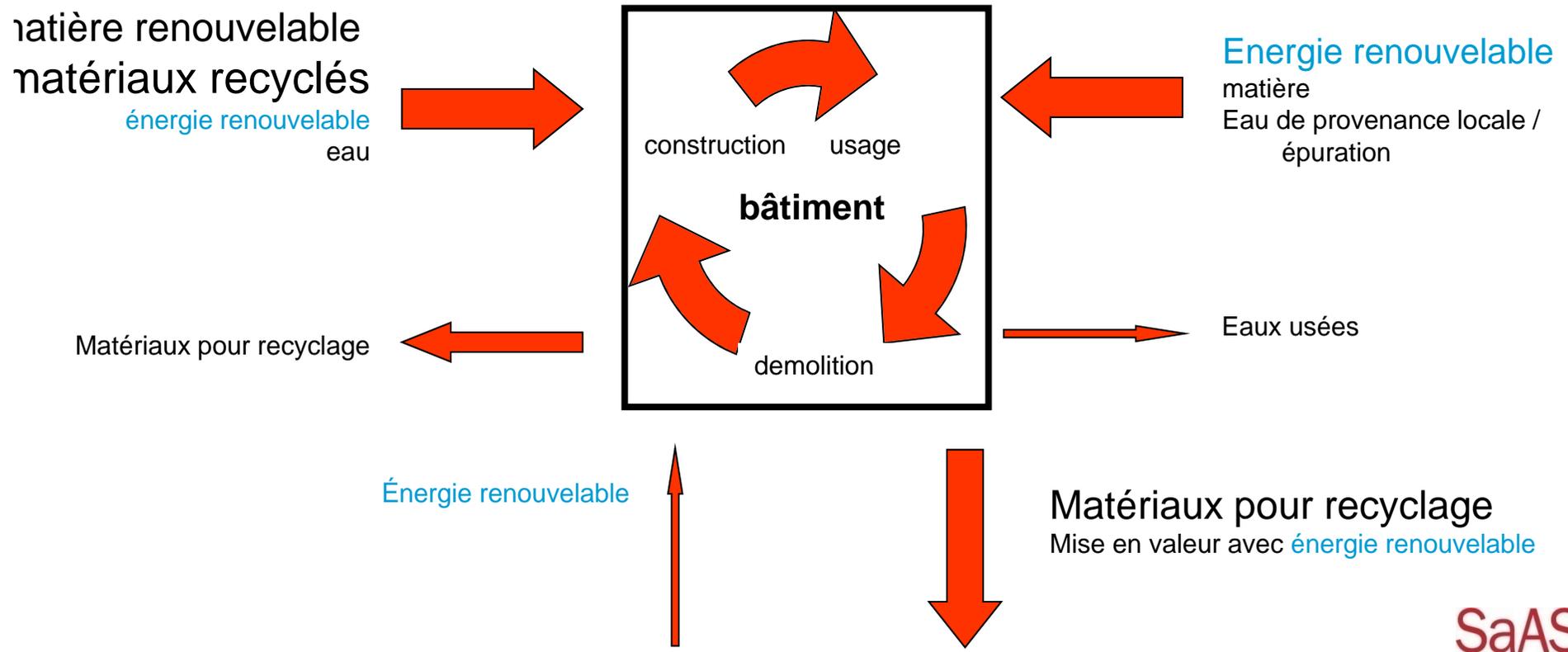


SaAS

# 1. Introduction

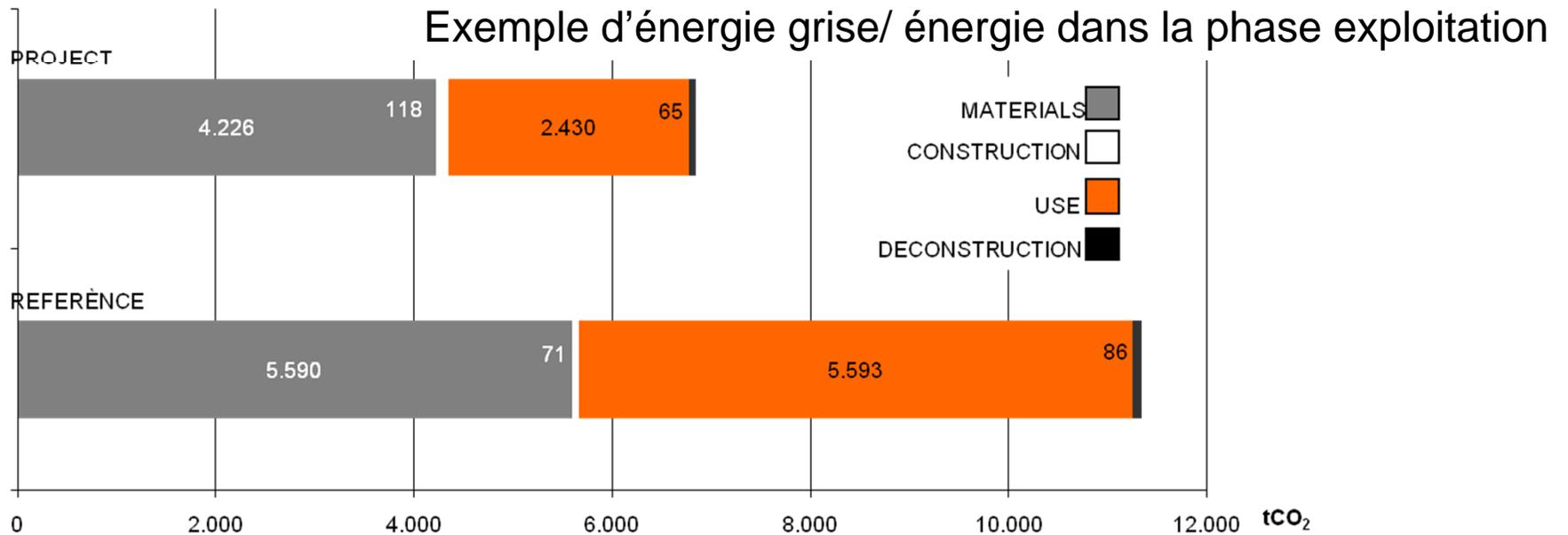
## 1.2. Analyse du cycle de vie – une approche holistique

### Objectif du cycle de vie



# 1. Introduction

## 1.2. Analyse du cycle de vie – une approche holistique



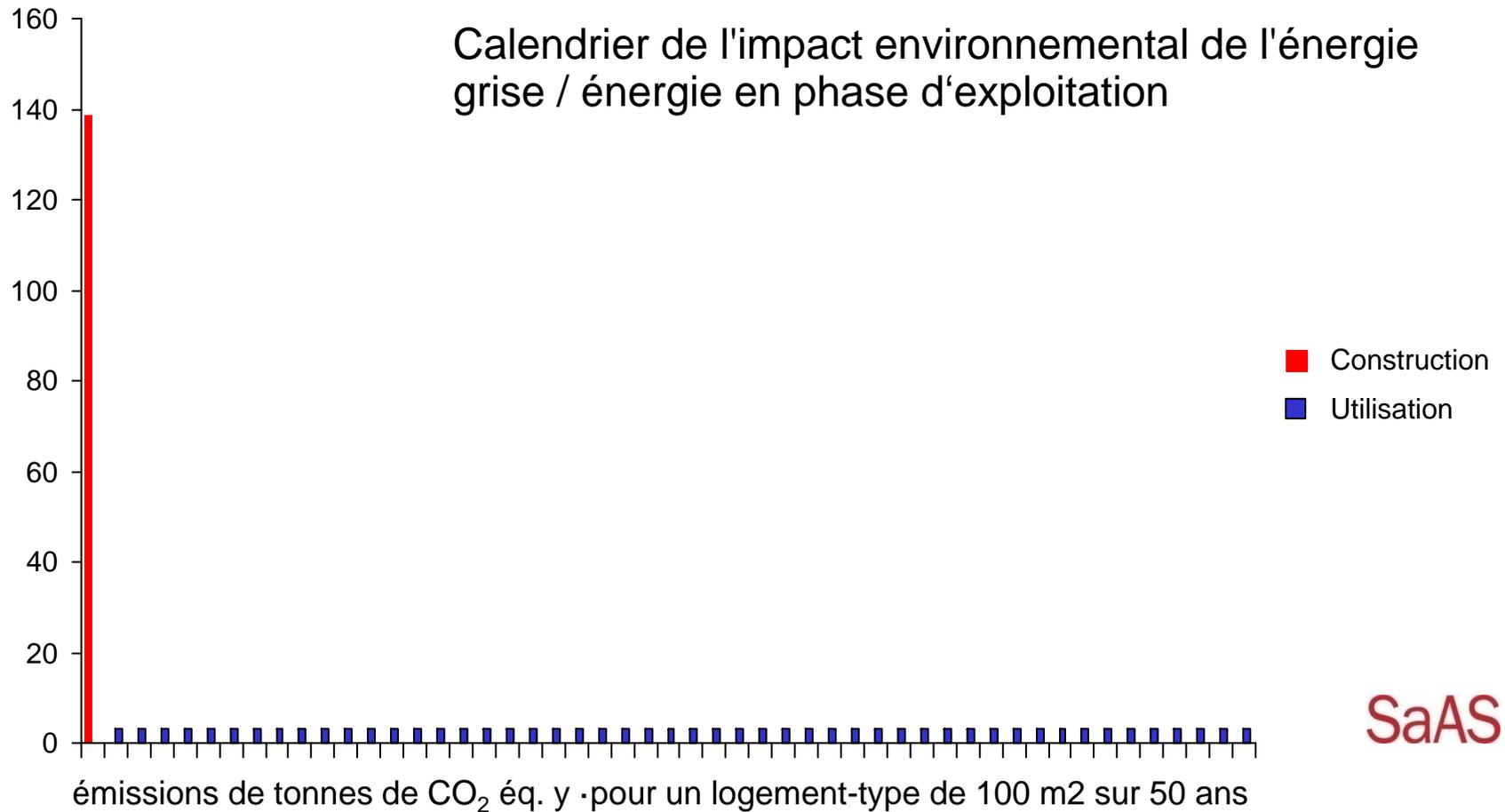
Phase du cycle de vie	Consommation énergétique			Emissions de CO <sub>2</sub>		
	Reference MWh	Projet MWh	Reduction %	Reference t CO <sub>2</sub>	Projet t CO <sub>2</sub>	Reduction %
Materiaux	16.333	12.589	23%	5.590	4.226	24%
Construction	167	289	-73%	71	118	-66%
Phase d'exploitation	23.388	10.162	57%	5.593	2.430	57%
Déconstruction	251	194	23%	86	65	24%
<b>Total</b>	<b>40.139</b>	<b>23.234</b>	<b>42%</b>	<b>11.340</b>	<b>6.839</b>	<b>40%</b>

SaaS

Analyse du cycle de vie d'un immeuble de 60 logements sociaux, référence et projet, SaaS 2007

# 1. Introduction

## 1.2. Analyse du cycle de vie – une approche holistique



# 1. Introduction

## 1.3. Energie grise des matériaux de construction



Laine de mouton  $0,043 \text{ W/m}\cdot\text{K}$  (12% fibre de polyester)

Source: Victermofitex

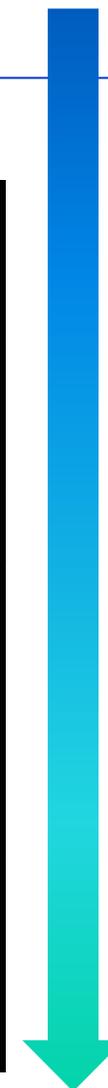


Cellulose:  $0,040 \text{ W/m}\cdot\text{K}$  (10% Borax, agents de résistance au feu et fongicide) Source: CLIMACELL, Christoph Peters

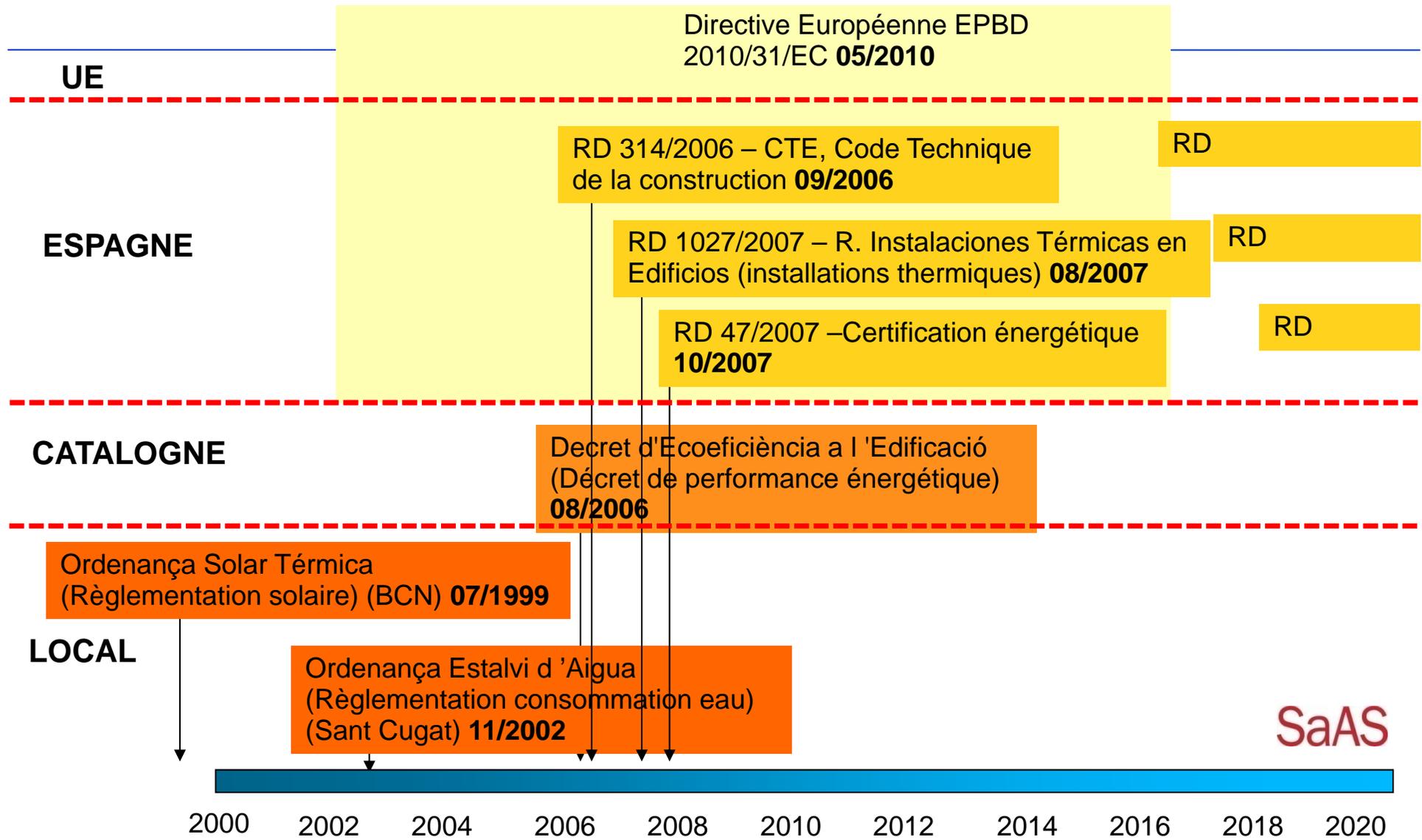
# 1. Introduction

## 1.3. Energie grise des matériaux de construction

Isolant	Energie primaire (MJ/kg)	Emissions (kgCO <sub>2eq</sub> /kg)	Coût (Euro/m <sup>3</sup> )	Origine MJ - kgCO <sub>2eq</sub>
Polystyrène extrudé	92,4	9,580	107	EMPA
Polystyrène expansé	105,0	4,120	65	EMPA
Polyuréthane	100,0	4,210	136	EMPA
Laine de verre	45,1	1,490	26	EMPA
Laine de roche	21,7	1,480	115	EMPA
Verre cellulaire	16,5	0,600	295	PROVEIDOR
Laine de mouton	14,7	0,045	108	PASSIVHAUS
Liège	25,0	0,021	402	EMPA
Fibre de bois	13,7	-0,183	224	PROVEIDOR
Cellulose	7,2	-0,907	90	PASSIVHAUS



## 2. // La performance énergétique des bâtiments: cadre législatif

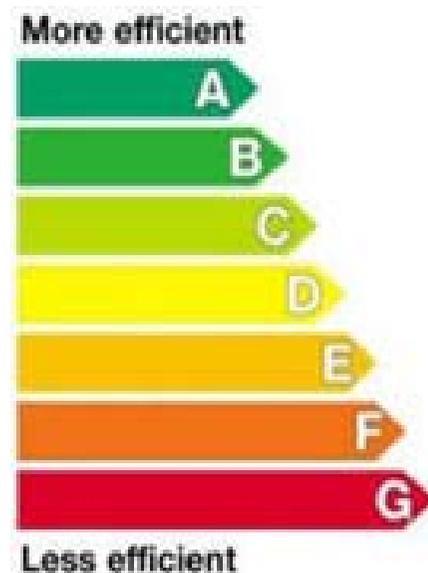


SaAS

## 2. La performance énergétique des bâtiments: cadre législatif

### 2.1. La directive européenne 2002/91/EC

La directive fixe les exigences suivantes:



- le cadre général d'une méthode de calcul de la performance énergétique des bâtiments;
- l'application d'exigences minimales de la performance énergétique des bâtiments neufs;
- l'application d'exigences minimales pour la performance énergétique des grands bâtiments existants qui font l'objet de travaux de rénovation importants;
- la certification énergétique des bâtiments;
- l'inspection régulière des chaudières et des systèmes de climatisation dans les bâtiments ainsi qu'une évaluation obligatoire des installations de chauffage dont les chaudières ont plus de 15 ans.

## 2. La performance énergétique des bâtiments: cadre législatif

### 2.1. La directive européenne 2010/31/EC - refonte

18.6.2010

FR

Journal officiel de l'Union européenne

L 153/13

DIRECTIVE 2010/31/UE DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL

du 19 mai 2010

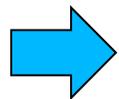
sur la performance énergétique des bâtiments

(refonte)

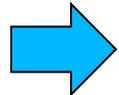
#### Article 9

#### **Bâtiments dont la consommation d'énergie est quasi nulle**

Les États membres veillent à ce que:



après le **31 décembre 2018**, les nouveaux bâtiments occupés et possédés par les **autorités publiques** soient à consommation d'énergie quasi nulle.



**d'ici au 31 décembre 2020**, tous les nouveaux bâtiments soient à consommation d'énergie quasi nulle.

## 2. La performance énergétique des bâtiments: cadre législatif

### 2.1. La directive européenne 2010/31/EC - refonte

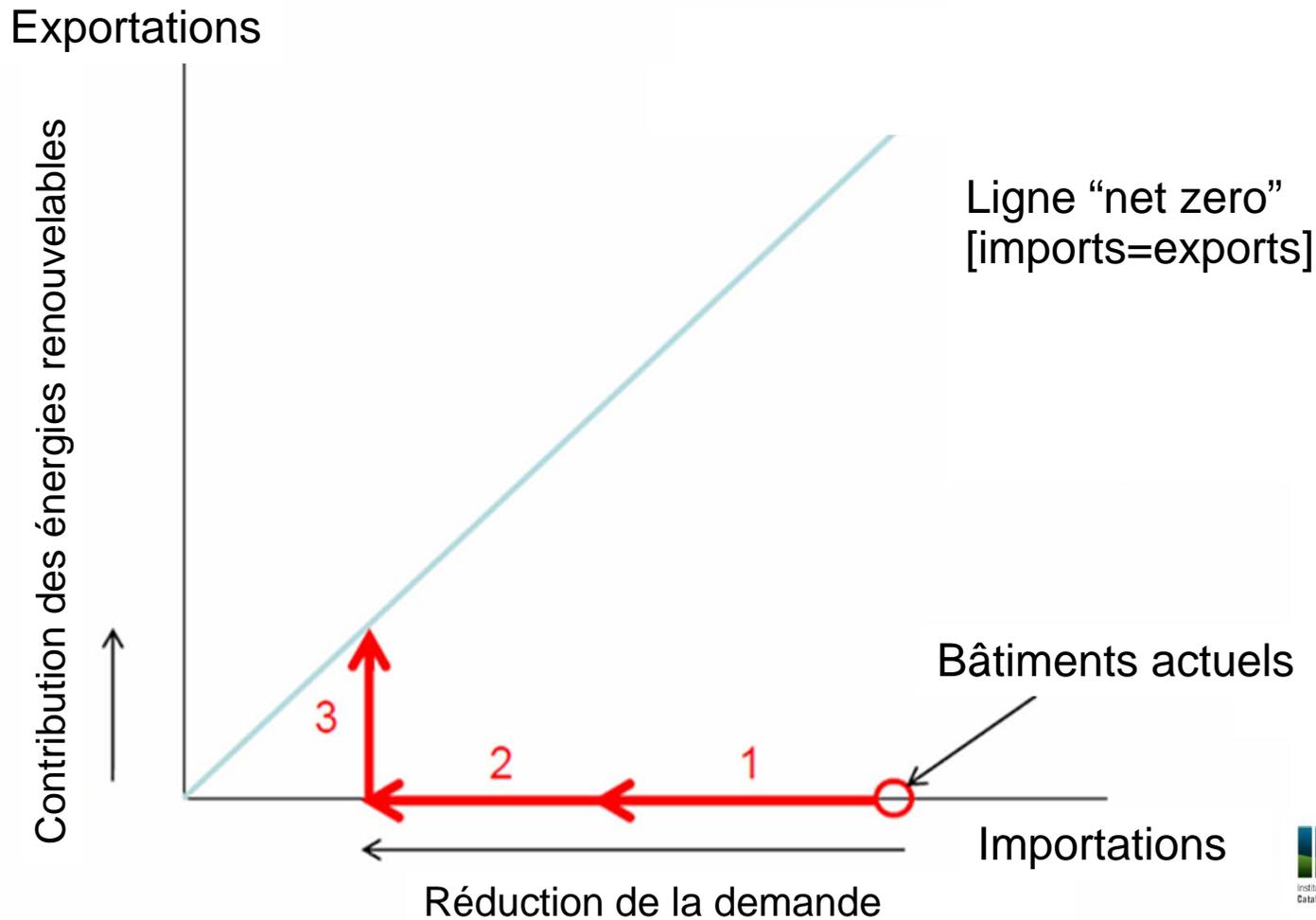
“**Bâtiment dont la consommation d'énergie est quasi nulle**” désigne un bâtiment qui a une très haute performance énergétique. Le montant presque nul ou très faible d'énergie requise devrait être couvert dans une très grande mesure par de l'énergie provenant de sources renouvelables, en particulier des sources sur place ou à proximité;

Les plans **nationaux visant à accroître le nombre de bâtiments dont la consommation d'énergie est quasi nulle contiennent:**

- des objectifs intermédiaires pour améliorer la performance énergétique d'ici à 2015
- indicateur numérique communs de la consommation d'énergie primaire, exprimé en kWh/m<sup>2</sup> · a
- le renforcement de la certification de performance énergétique
- performance énergétique des installations techniques
- introduction de SER, de la cogénération, des réseaux de chaleur urbains, des pompes à chaleur, du suivi par monitoring

## 2. La performance énergétique des bâtiments: cadre législatif

### 2.1. La directive européenne 2010/31/EC - refonte

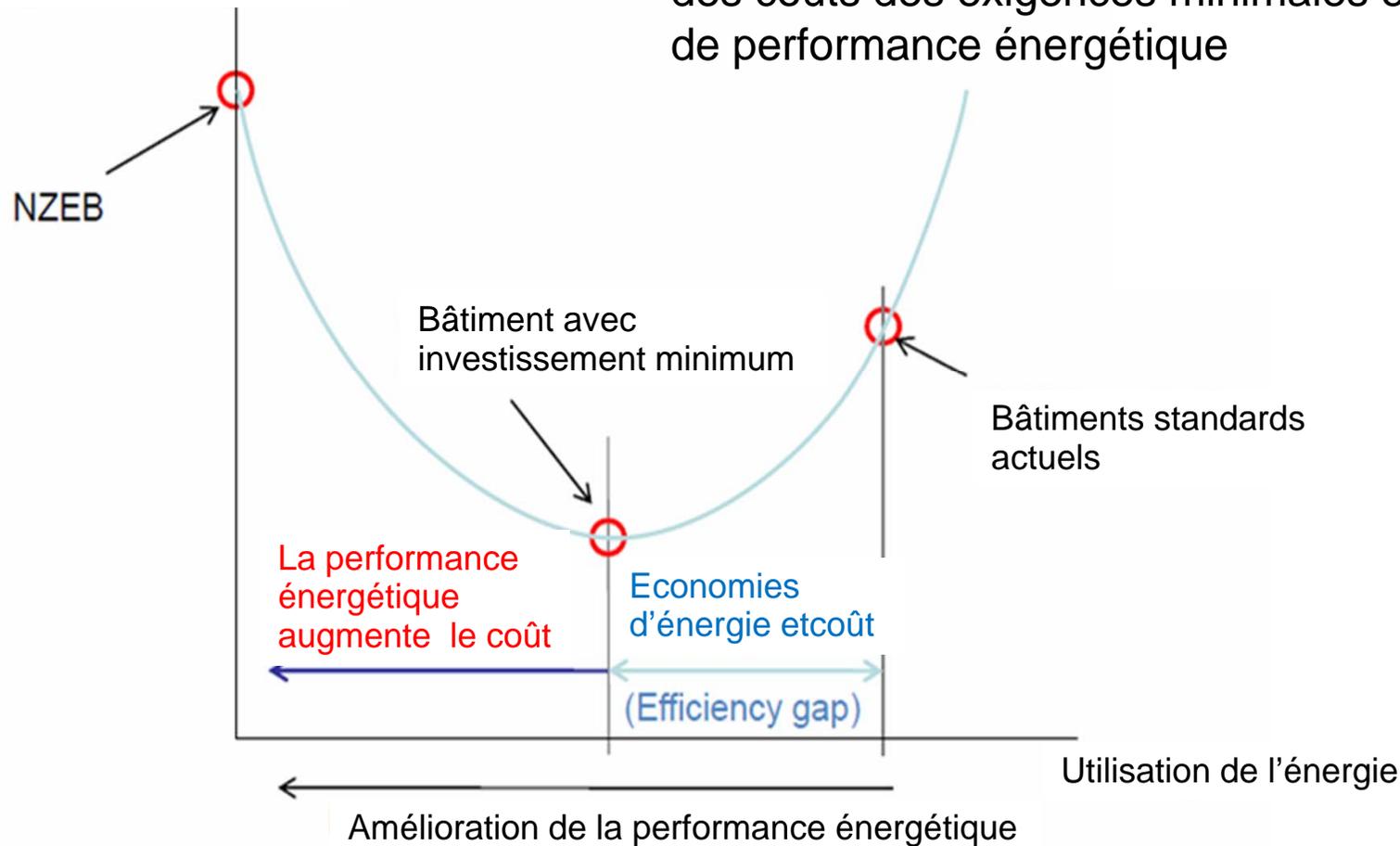


## 2. La performance énergétique des bâtiments: cadre législatif

### 2.1. La directive européenne 2010/31/EC - refonte

Cycle de vie  
Investissement

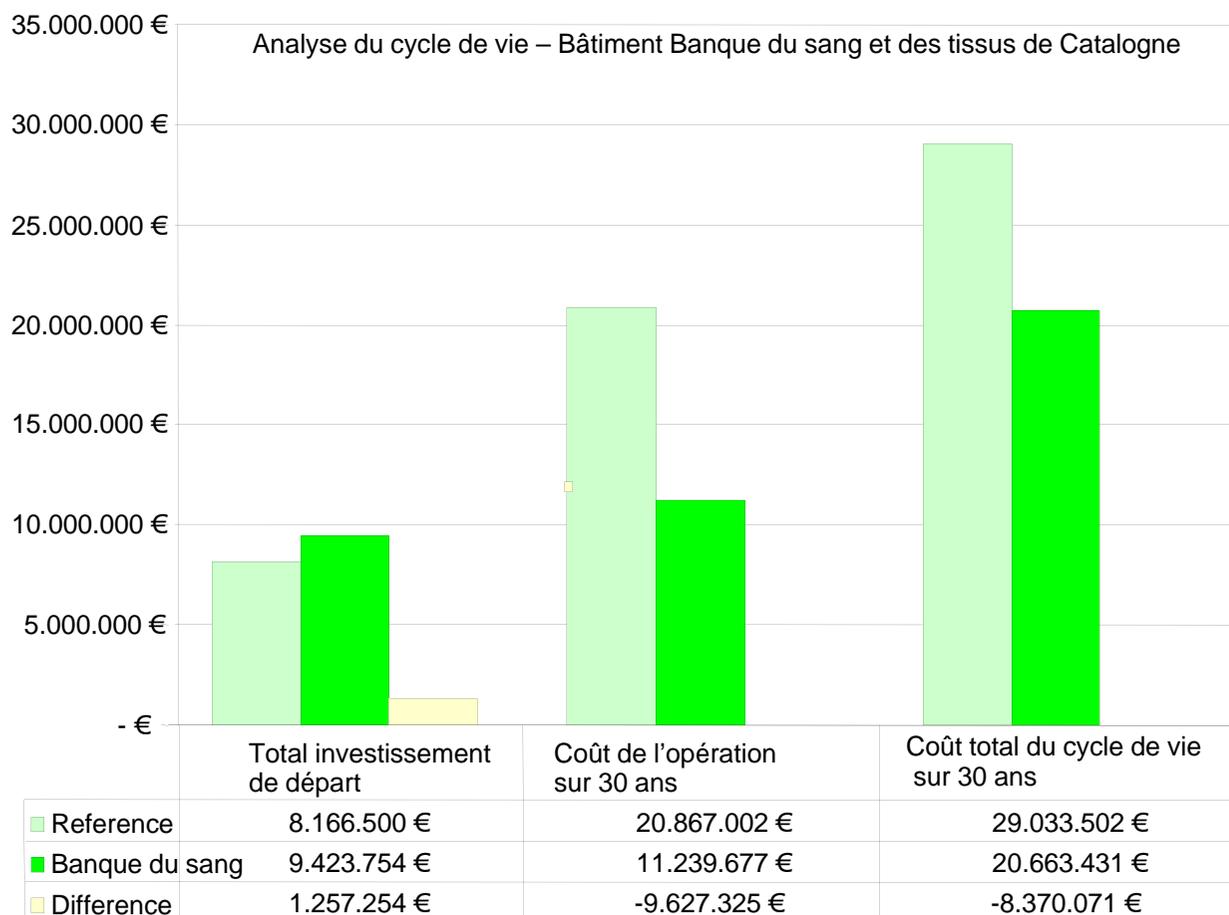
Art. 5. Calcul des niveaux optimaux en fonction  
des coûts des exigences minimales en matière  
de performance énergétique



**IREC<sup>R</sup>**  
Institut de Recerca en Energia de Catalunya  
Catalonia Institute for Energy Research

## 2. La performance énergétique des bâtiments: cadre législatif

### 2.1. La directive européenne 2010/31/EC - refonte



**L'analyse détaillée des coûts d'investissement et d'exploitation d'un bâtiment prévu selon le modèle décrit donne les résultats suivants:**

Difference d'investissement 1.2 M€  
 Difference d'exploitation 9.6 M€  
 Difference totale (30 ans) 8.4 M€

Bénéfices ajoutés  
 Sur 30 ans 800%  
 Annuel 26%

Compte tenu de ces données et des taux financiers actuels, le rendement annuel est d'environ 20%.

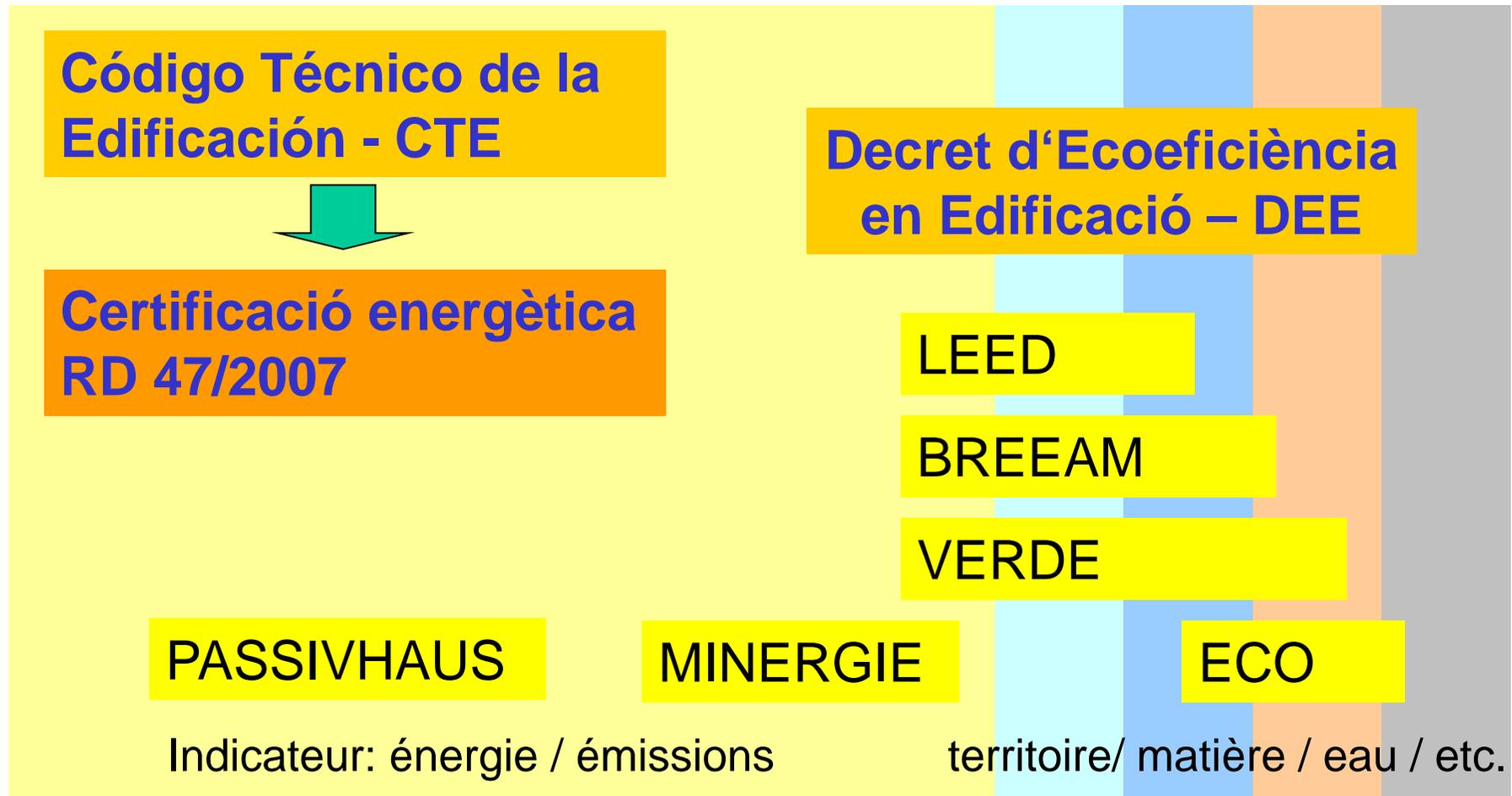
La période de retour sur investissement est estimée à 4 ou 5 ans.

SaaS

Etude élaborée dans le cadre du projet b\_EFIEN, promu par la Fundació b\_TEC, avec la participation des ingénieurs et FM entreprises, SaAS, grupo JG, et.al. Barcelone 2009

## 2. La performance énergétique des bâtiments: cadre législatif

### 2.3. Labels et certifications



## 2. La performance énergétique des bâtiments: cadre législatif

### 2.3. Labels et certifications

#### Principaux domaines d'analyse des certifications

Environnement	Densité urbaine Mobilité Protection des sols Espaces verts	Santé et confort	Qualité de l'air intérieur Les champs électromagnétiques Les émissions radioactives Confort thermique, visuel, acoustique
Matériaux	Impact Disponibilité Le savoir-faire local Résidus	Socio-économique	Coût des améliorations Sensibilisation des utilisateurs Formation professionnelle Mise en place de réseaux
Energie	Demande Distribution Performance des installations Energies renouvelables	Gestion	Conception intégrée Plans d'exploitation Auditing Monitoring
Eau	Demande Eaux pluviales Eaux usées et vannes Epuración des eaux	Autres	



## 3. Paramètres de la performance énergétique des bâtiments

### 3.1 Passif: Inertie thermique/ Isolation/ Contrôle solaire/ Ventilation/ Ensoleillement

**Inertie thermique** : capacité physique d'un matériau à conserver la chaleur. La principale stratégie dans les climats méditerranéens avec une oscillation de température jour / nuit forte et une tradition de construction minérale.

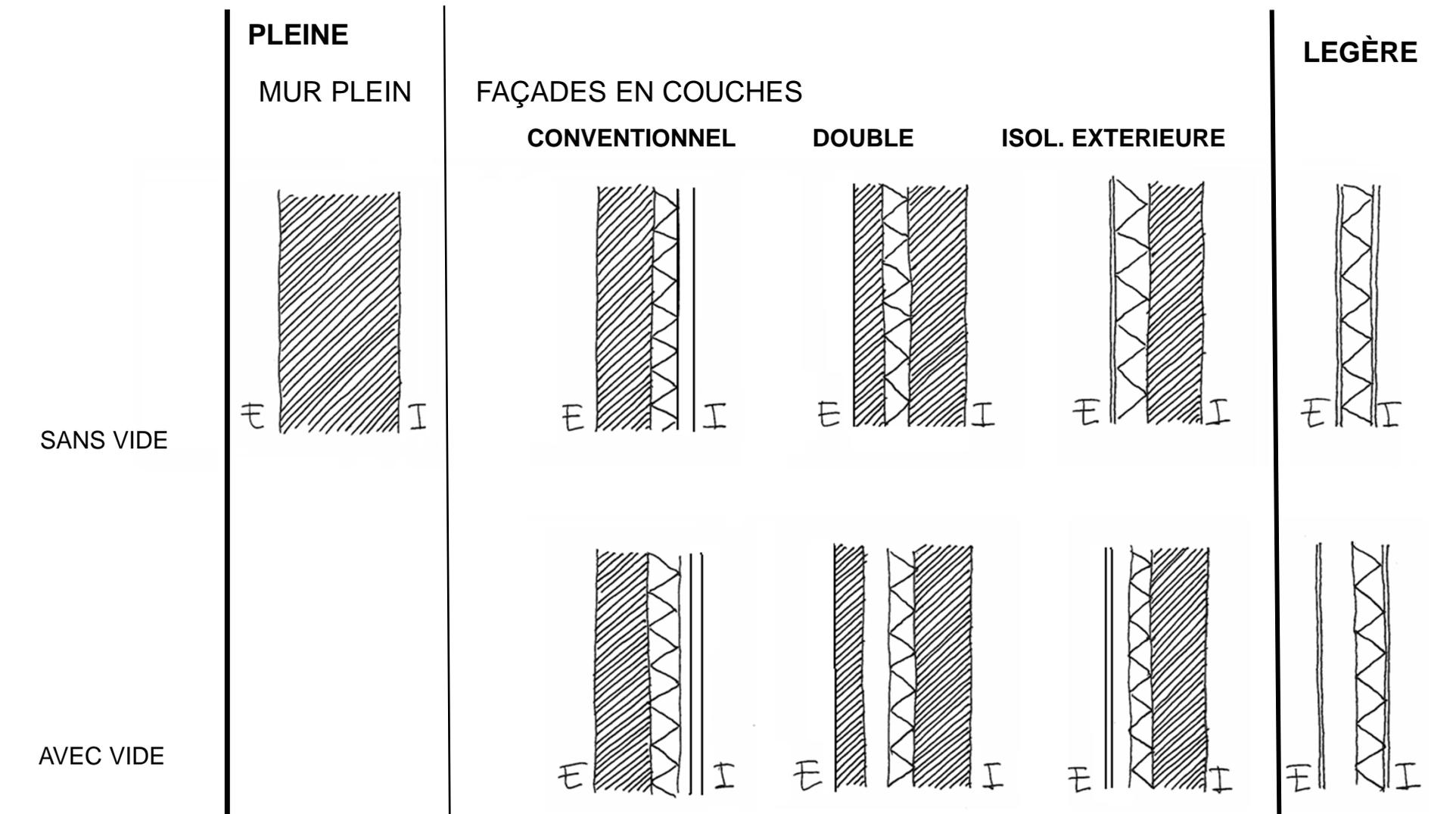
**Isolation**: Contrôle de la résistance au transfert de chaleur d'un point à un autre par conduction ou convection à travers le remplacement des matières ou la modification de son épaisseur. Aspect multicouches avec des matériaux spécialisés.

**Contrôle solaire**: En incluant des protections contre le rayonnement solaire ou en modifiant les caractéristiques des vitrages, les gains solaires peuvent être intégrés ou limités afin de profiter du rayonnement solaire en hiver et de limiter la surchauffe en été.

**Ventilation**: La ventilation a deux effets: elle favorise les échanges avec l'environnement et facilite le processus naturel de refroidissement par évaporation. Ce mécanisme est souhaitable dans les environnements chauds et des bâtiments avec une faible masse thermique

# 3. Paramètres de la performance énergétique des bâtiments

## 3.1. Typologies constructives des façades



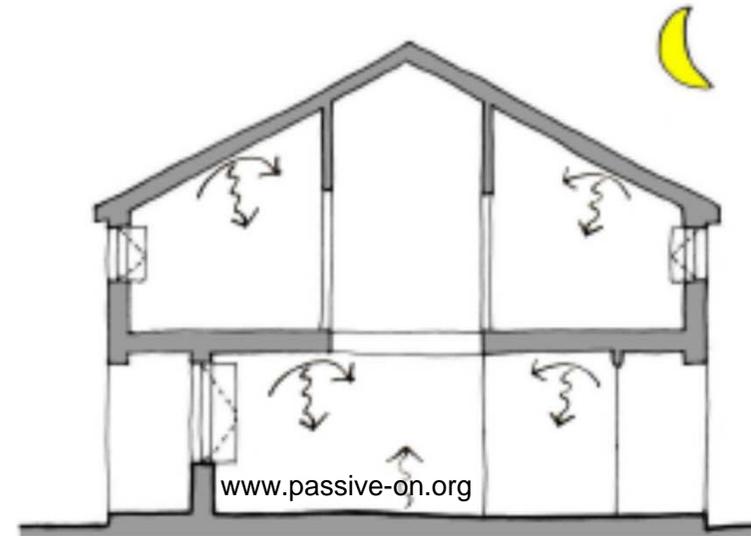
# 3. Paramètres de la performance énergétique des bâtiments

## 3.1. Passif: Inertie thermique



La masse thermique accumule de la chaleur au cours de la journée

Maison Typique de la Méditerranée septentrionale basée sur l'inertie thermique



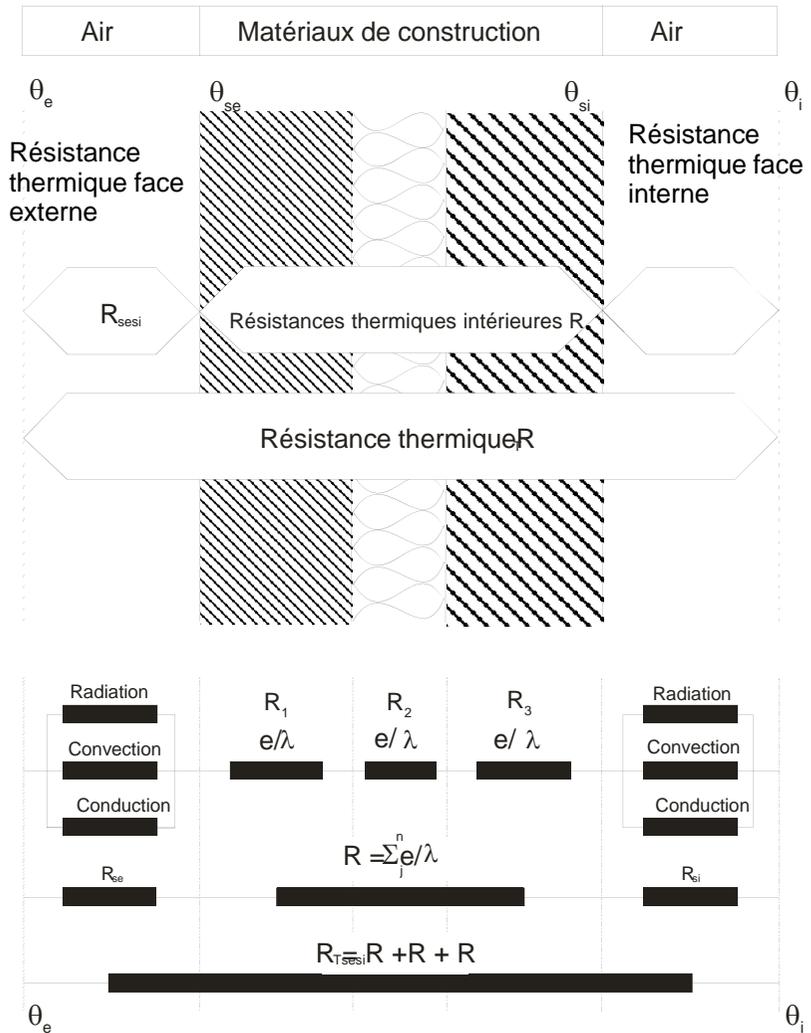
La chaleur emmagasinée pendant la journée rayonne en retour pendant les heures plus fraîches (la nuit)

Maison traditionnelle du Sud méditerranéen avec cour basée sur l'inertie thermique



# 3. Paramètres de la performance énergétique des bâtiments

## 3.1. Passif: Isolation



$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T [W]$$

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{\lambda}{e} \left[ \frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$$

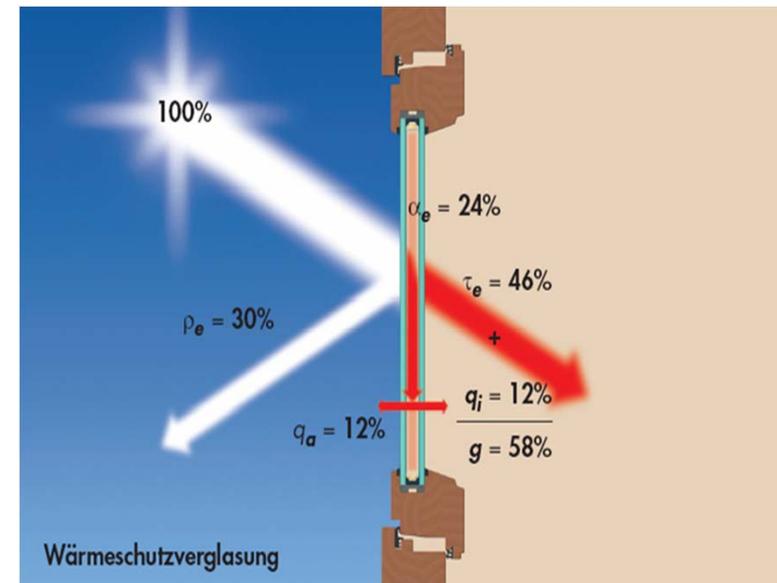
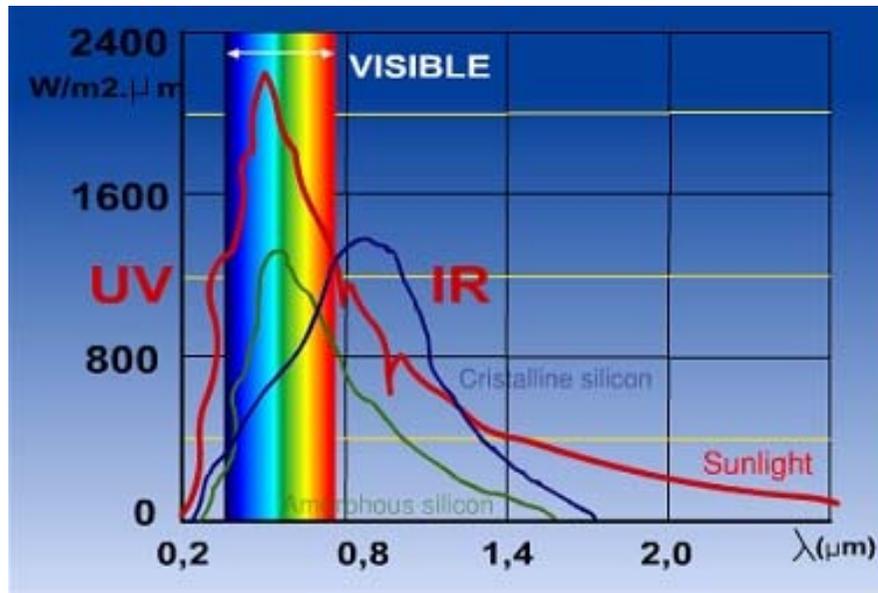
# 3. Paramètres de la performance énergétique des bâtiments

## 3.1. Passif: Control solaire

Optimisation entre les gains solaires et la protection solaire selon l'utilisation du bâtiment, l'orientation, etc

Principaux facteurs: facteur de transmission thermique, facteur solaire, éclairement

Dispositifs de protection solaire, des dispositifs de protection solaire avec facteurs d'éclairage naturel

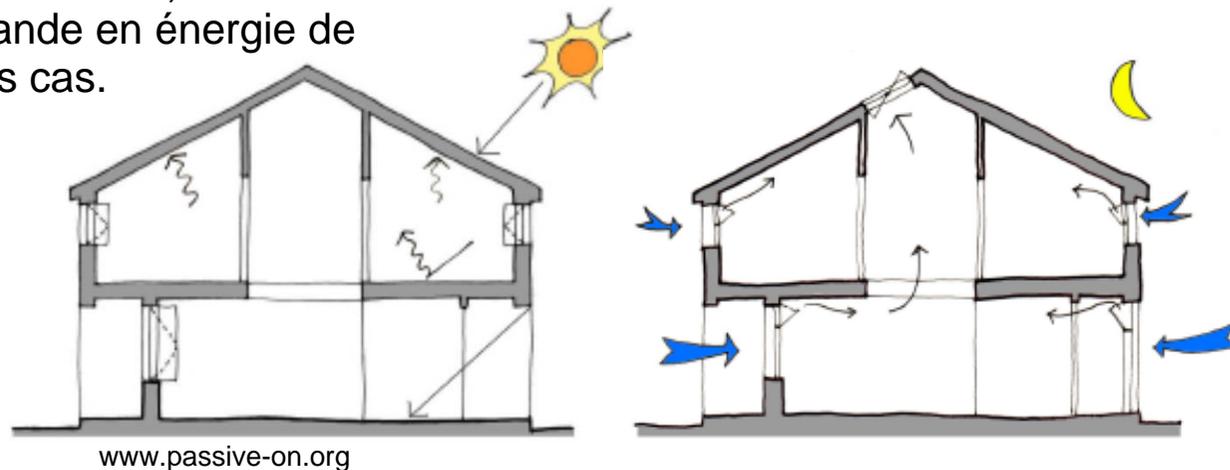
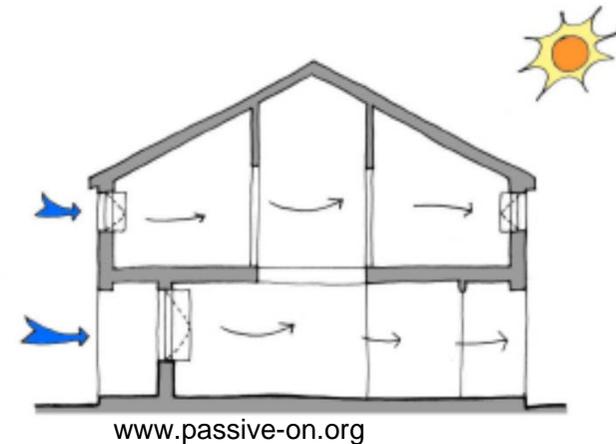


# 3. Paramètres de la performance énergétique des bâtiments

## 3.1. Passif: Ventilation

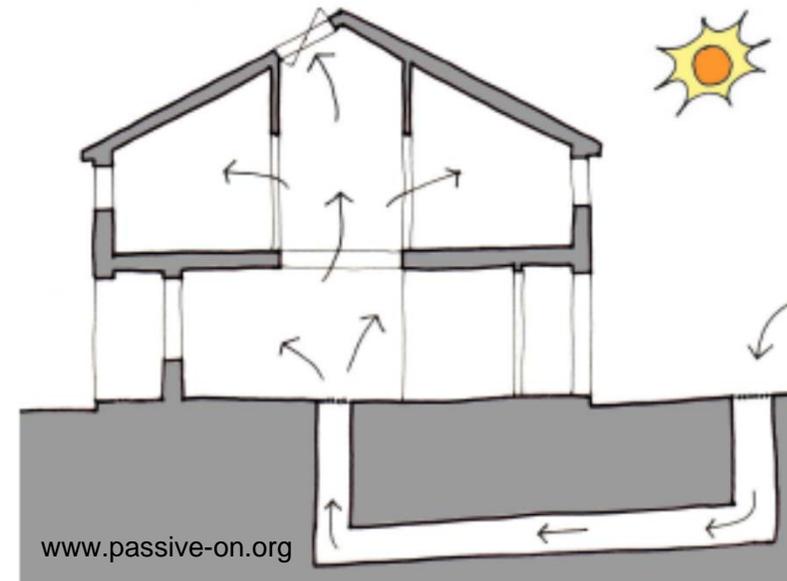
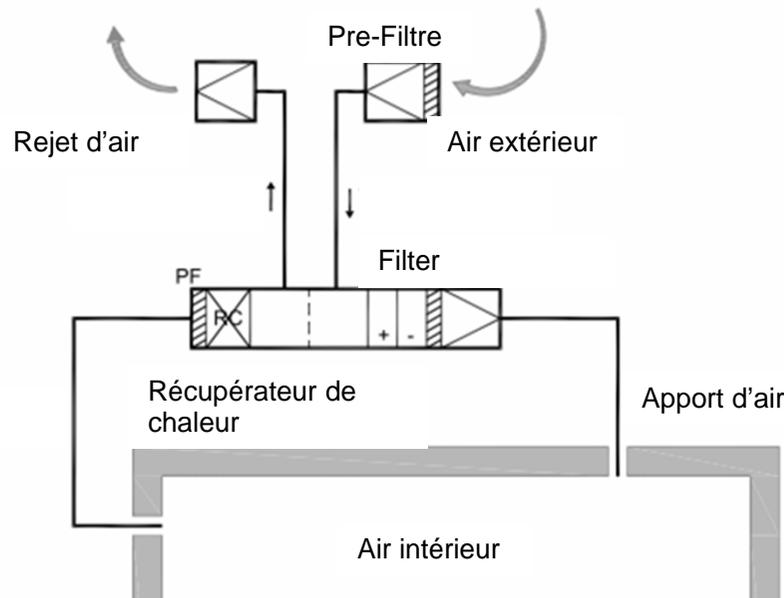
Ventilation croisée: la conception du bâtiment (distribution des appartements, par exemple) permet le passage de l'air entre les façades opposées pour augmenter la ventilation naturelle.

Ventilation nocturne: augmentation des échanges de l'air frais pendant les nuits d'été pour réduire la chaleur emmagasinée pendant la journée dans la masse thermique du bâtiment. Cette stratégie sera suffisante pour éviter un système de climatisation seulement dans des climats modérés, mais permettra de réduire la demande en énergie de refroidissement dans tous les cas.



# 3. Paramètres de la performance énergétique des bâtiments

## 3.2. Hybride: Free cooling / récupération de la chaleur/ géothermie



Free cooling: utiliser ou augmenter le débit d'air lorsque le refroidissement est nécessaire et que l'air extérieur est plus froid que l'air intérieur.

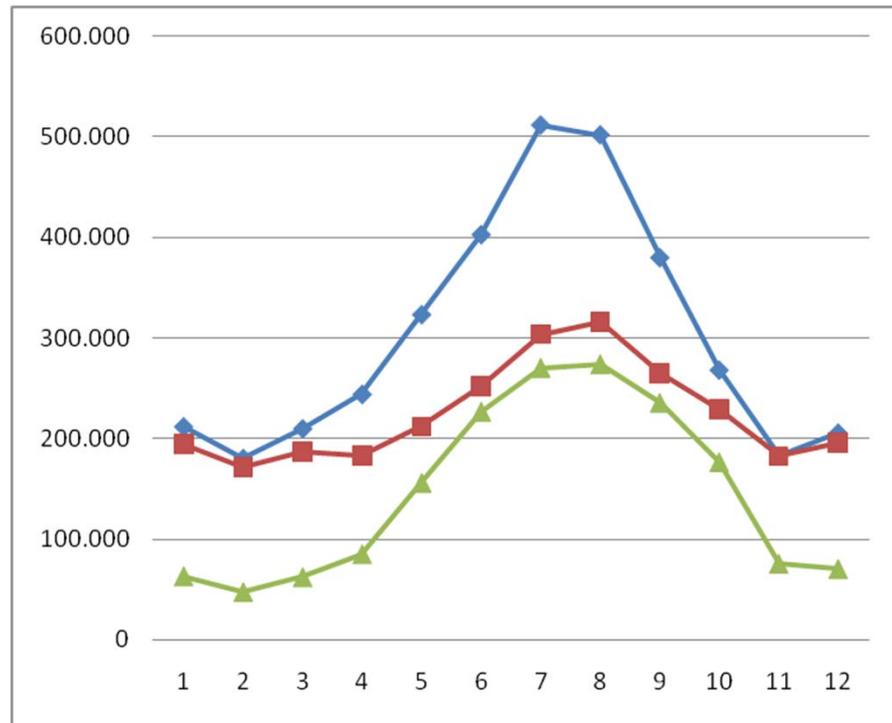
Récupération de la chaleur: pré-chauffage de l'air neuf en récupérant la chaleur de l'air d'échappement au moyen d'un échangeur de chaleur air-air

Echangeur de chaleur géothermique: profitant de la température modérée du sol, l'air entrant est transporté à travers des canalisations enterrées avec une capacité d'échange thermique élevée afin d'obtenir un air d'alimentation proche des conditions de confort, avec des coefficients élevés de performance

# 3. Paramètres de la performance énergétique des bâtiments

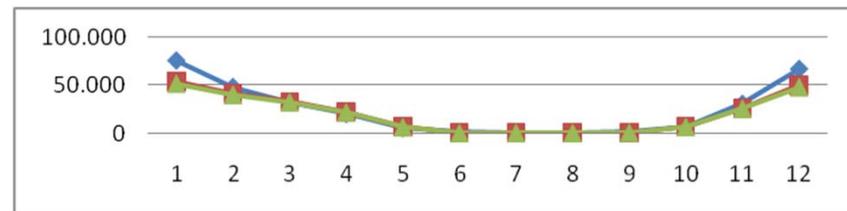
## 3.2. Hybride: Free cooling / récupération de la chaleur/ géothermie

Exemple de la Banque du sang et des tissus de Catalogne, 2010



- 100% FAÇADE RIDEAU
- FAÇADE PORTEUSE, SANS RÉCUPÉRATION
- FAÇADE PORTEUSE, RÉCUPÉRATION ET FREE COOLING

Réduction de la demande 41%! **SaAS**



DEMANDE DE RAFRAICHISSEMENT (kWh)

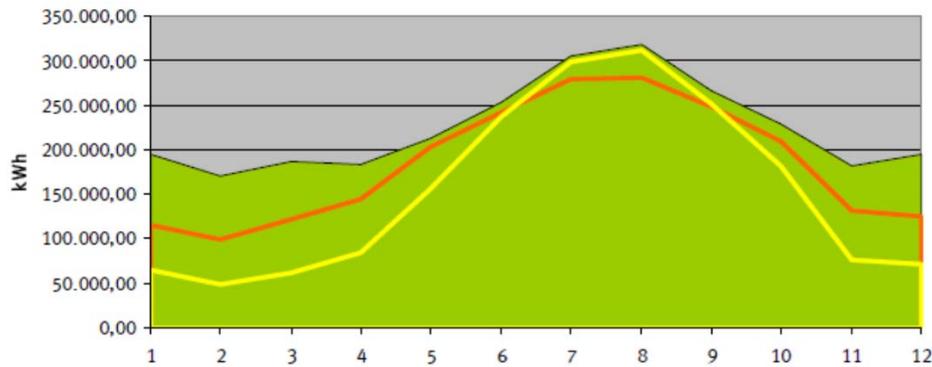
DEMANDE DE CHALEUR (kWh)

Demanda energética de climatizació (kW/h), JG Ingenieros, julio 2008 / Herramienta de cálculo: CARRIER Hourly Analysis Program v 4.12b

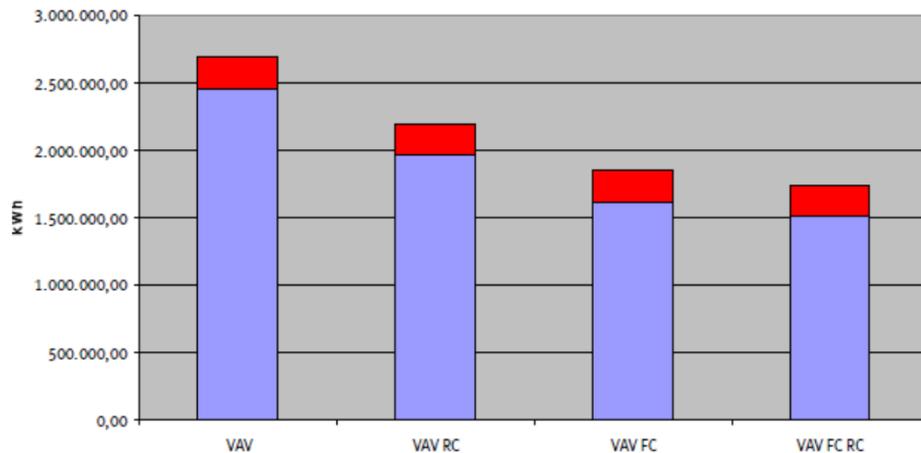
# 3. Paramètres de la performance énergétique des bâtiments

## 3.2. Hybride: Free cooling / récupération de la chaleur/ géothermie

Exemple de la Banque du sang et des tissus de Catalogne, 2010



Monthly heating and cooling energy demand (kWh), grupoJG Enginyers, January 2008



- Climatisateurs VVS à volume d'air variable sans récupération
- Climatisateurs VVS + contrôle à distance à volume d'air variable avec récupération de chaleur
- Climatisateurs VVS + FC à volume d'air variable avec free cooling
- Climatisateurs VVS + FC + contrôle à distance à volume d'air variable avec free cooling et avec récupération de chaleur
- Demande de chaleur
- Demande de refroidissement

Simulation: CARRIER Hourly Analysis Program v 4.12b  
 La demande annuelle d'énergie pour le chauffage et la climatisation  
 grupoJG Enginyers

SaAS

## 3. Paramètres de la performance énergétique des bâtiments

### 3.3. Actif: Installations à haut rendement énergétique

Capteurs solaires thermiques et photovoltaïques sur le toit du prototype LIMA - Low Impact Mediterranean Architecture, Barcelone.

En climat méditerranéen, 1 kW de capteurs photovoltaïques (8m<sup>2</sup> de panneaux solaires - voir photo) produit environ 1.200 kWh/a, soit un tiers de la demande en électricité d'un ménage.



# 3. Paramètres de la performance énergétique des bâtiments

## 3.4. Systèmes de gestion et de contrôle

Les systèmes de gestion et de contrôle jouent un rôle croissant dans l'optimisation de la consommation d'énergie, en particulier dans les bâtiments tertiaires (bureaux, hôtels, supermarchés).

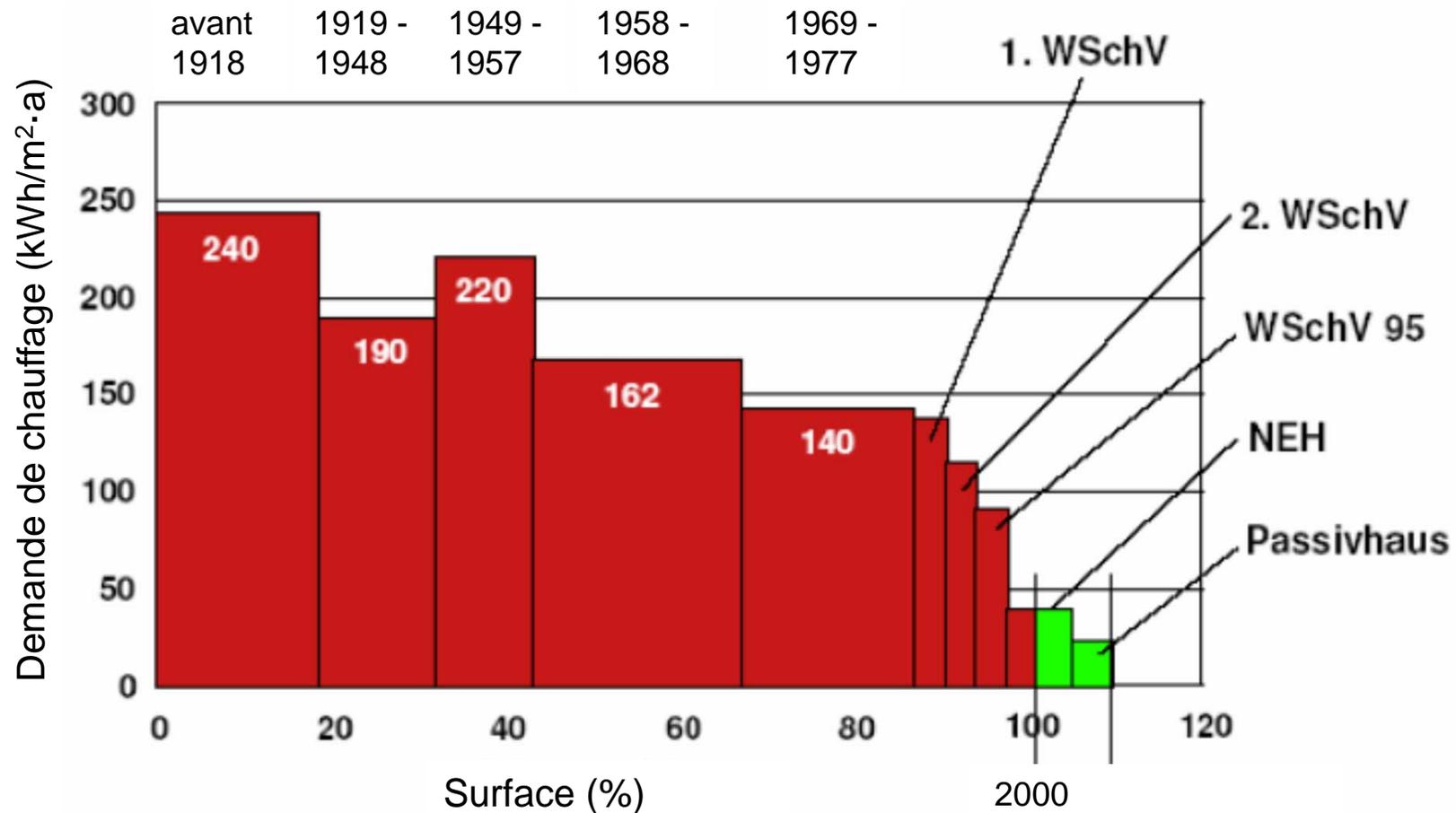
la consommations d'énergie de différents systèmes (en particulier le chauffage, la ventilation, la climatisation, mais aussi l'éclairage) est mesurée par des compteurs séparés. Des dispositifs spécifiques règlent les paramètres pertinents (température, rénovation de l'air, intensité lumineuse, etc) selon un calendrier établi ou en réponse à des conditions limites.

Un contrôle centralisé par l'intermédiaire d'une interface graphique permet au personnel d'entretien un accès facile aux données enregistrées et aux indicateurs de contrôle des performances, ainsi que la détection des périphériques mal paramétrés et les émissions de signaux d'alarme, par exemple via GPRS.



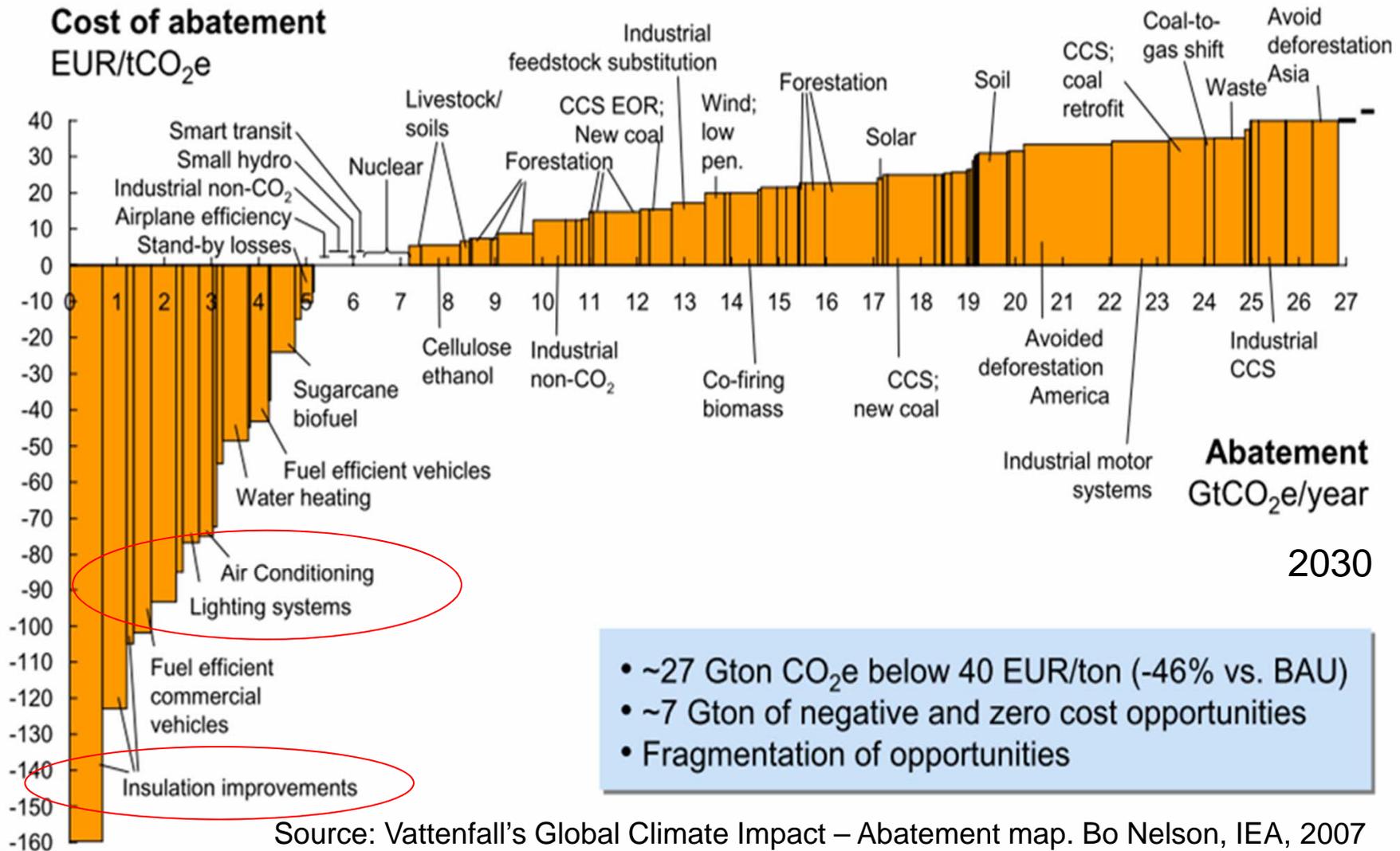
# 4. Mesures pour promouvoir la rénovation énergétique des bâtiments

## 4.1. L'importance de la rénovation énergétique des bâtiments



# 4. Mesures pour promouvoir la rénovation énergétique des bâtiments

## 4.1. L'importance de la rénovation énergétique des bâtiments



- ~27 Gton CO<sub>2</sub>e below 40 EUR/ton (-46% vs. BAU)
- ~7 Gton of negative and zero cost opportunities
- Fragmentation of opportunities

## 4. Mesures pour promouvoir la rénovation énergétique des bâtiments

### 4.1. Les possibilités des mesures pour la rénovation énergétique des bâtiments

Energy efficient renovation	Public subsidy	Final energy savings	Primary energy savings	Avoided emissions
	M€	ktep	ktep	ktCO <sub>2</sub>
<b>Building envelope</b>	<b>111,5</b>	<b>22</b>	<b>42</b>	<b>89</b>
<b>Building services</b>	<b>145,5</b>	<b>61</b>	<b>116</b>	<b>244</b>
<b>Lighting equipment</b>	<b>22,5</b>	<b>30</b>	<b>74</b>	<b>150</b>
<b>Appliances</b>	<b>282,3</b>	<b>81</b>	<b>204</b>	<b>412</b>

Source: IDAE (2011) Plan de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-2020

Energy efficient renovation	Estimated lifetime of mesure	Public subsidy / primary energy saving	Public subsidy / avoided emissions	Avoided emissions / public subsidy
	a	€/kWh	€/kgCO <sub>2</sub>	kgCO <sub>2</sub> /€
<b>Building envelope</b>	<b>30</b>	<b>0,01</b>	<b>0,04</b>	<b>23,95</b>
<b>Building services</b>	<b>15</b>	<b>0,01</b>	<b>0,04</b>	<b>25,15</b>
<b>Lighting equipment</b>	<b>6</b>	<b>0,00</b>	<b>0,03</b>	<b>40,00</b>
<b>Appliances</b>	<b>10</b>	<b>0,01</b>	<b>0,07</b>	<b>14,59</b>

## 4. Mesures pour promouvoir la rénovation énergétique des bâtiments

### 4.2. Règlements d'urbanisme novateurs



#### Adaptation des règlements d'urbanisme pour:

- Isolation extérieure: faciliter la rénovation en permettant une augmentation de la surface construite / surface supplémentaire pour isoler le bâtiment par l'extérieur
- Définir les surfaces constructibles en fonction des surfaces nettes au lieu des surfaces brutes afin de ne pas discriminer les façades épaisses.
- Promouvoir les toitures végétales.
- Promouvoir l'intégration d'espaces de transition pour la gestion du rayonnement solaire (bow-windows, pergolas, etc ) ainsi que des balcons et terrasses, etc.

# Le Consortium UP-RES

Contact pour ce module: **SaAS**



- **Finlande : Aalto University School of science and technology**  
[www.aalto.fi/en/school/technology/](http://www.aalto.fi/en/school/technology/)

SaAS

- **Espagne : SaAS Sabaté associats Arquitectura i Sostenibilitat**  
[www.saas.cat](http://www.saas.cat)



- **Royaume Uni: BRE Building Research Establishment Ltd.**  
[www.bre.co.uk](http://www.bre.co.uk)

AGFW



- **Allemagne :**  
**AGFW - German Association for Heating, Cooling, CHP**  
[www.agfw.de](http://www.agfw.de)



**UA - Universität Augsburg** [www.uni-augsburg.de/en](http://www.uni-augsburg.de/en)

**TUM - Technische Universität München** <http://portal.mytum.de>



- **Hongrie : UD University Debrecen**  
[www.unideb.hu/portal/en](http://www.unideb.hu/portal/en)