

CONSTRUIRE avec l'ÉNERGIE ² ... *naturellement!*

Pour une performance énergétique globale


Engagement
Volontaire des
Architectes &
des
Entreprises

Au tournant de la PEB

Dominique Langendries (CSTC)
Jean-Marie Hauglustaine (ULg)
Frédéric Renard (FPMs)

Louvain-la-Neuve
20 mai 2008

économisons
l'énergie



RÉGION WALLONNE

CSTC-CCW-FPMs-IFAPME-UCL-ULg

Sommaire

- Contexte et principes de l'action
 - La Directive PEB
 - Les critères CALE
- Quelques chiffres statistiques
- Dans la pratique
 - Améliorer les performances, **avec** les partenaires
 - Application à un bâtiment
- Etude économique



Sommaire

- Contexte et principes de l'action
 - La Directive PEB
 - Les critères CALE
- Quelques chiffres statistiques
- Dans la pratique
 - Améliorer les performances, **avec** les partenaires
 - Application à un bâtiment
- Etude économique



Déclencheurs ...

- ... et mise en pratique
 - **Kyoto, etc.:** la Région doit être de plus en plus exigeante en matière d'économies d'énergie
 - **Europe:** mise en application de la Directive sur la Performance Energétique des Bâtiments (DPEB)
 - **Région:**

1985

1er règlement
thermique wallon
K70 - Be 500

1996

2ème règlement
thermique wallon
K55 - Be 450
Ventilation

2004: CALE 1

2007: CALE 2

Décret cadre 2007
Arrêté ministériel 2008 ...

Transposition de la Directive
européenne pour la
performance énergétique
des bâtiments

2009: régl. PEB



La Directive européenne PEB

-- Dir. 2002/91/CE --

■ Exigences :

- Méthode de **calcul** intégrée de la PEB, exprimée en **énergie primaire**
- **Exigences** minimales portant sur :
 - la PE des **bâtiments neufs**
(+ étude de faisabilité si $> 1.000 m^2$)
 - la PE des **bâtiments existants**
($> 1.000 m^2$ et faisant l'objet d'une rénovation lourde)
- **Certification** de la PE de tous les bâtiments (horizon 2009)
- **Inspection** régulière des chaudières et des systèmes de climatisation



« Performance énergétique » = ?

La PE d'un bâtiment = la quantité d'énergie

- effectivement consommée
- ou estimée

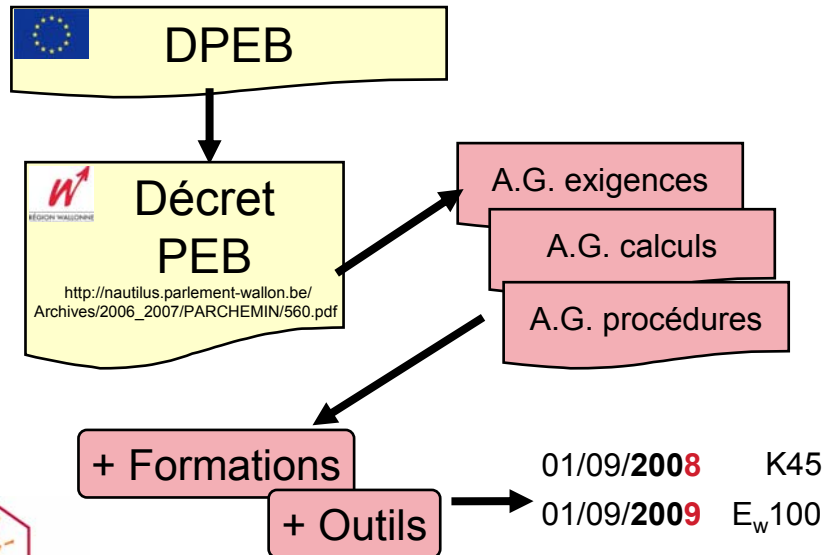
pour les besoins liés à l'utilisation standardisée d'un bâtiment.

Elle dépend:

- de l'isolation thermique
- du chauffage
- de l'eau chaude
- des gains internes
- des gains solaires
- du système de refroidissement
- du type de protections solaires
- de la ventilation
- de l'éclairage
- ...



Transposition en RW



L'action *Construire avec l'énergie!* (CALE)

■ Principes:

- C'est une **démarche volontaire**,
- **ouverte à tous** les entrepreneurs, architectes et bureaux d'études
- relative aux **logements** neufs

→ Une **charte** – 5 critères de performance

→ Un **encadrement** et un **support** technique des professionnels partenaires

→ Un **subside** spécifique (750€ M.O. – 500€ arch.)^(*) cumulable aux primes

^(*) Dispositions particulières prévues pour les appartements et logements groupés




	<h2>Critères CALE1</h2> <p>(fév.2004 - sept.2007)</p> <p>1. Isolation des parois U_{max} selon réglementation sauf $U_{fen\grave{e}tre} \leq 2.0 \text{ W/m}^2\text{K}$ et $U_{vitrage} \leq 1.6 \text{ W/m}^2\text{K}$</p> <p>2. Enveloppe $K \leq K45$ ou $be \leq be_{372}$ et ... ponts thermiques!</p> <p>3. Ventilation respect NBN D50-001</p> <p>4. Chauffage haut rendement</p> <p>5. ECS haut rendement</p>	<h2>Critères CALE2</h2> <p>(depuis oct.2007)</p> <p>1. Isolation des parois U_{max} selon réglementation sauf $U_{fen\grave{e}tre} \leq 2.0 \text{ W/m}^2\text{K}$ et $U_{vitrage} \leq 1.6 \text{ W/m}^2\text{K}$</p> <p>2. Enveloppe $K \leq K45$ et ... ponts thermiques!</p> <p>3. Ventilation respect NBN D50-001</p> <p>4. Consommation énergie primaire $E_w \leq 100$</p> <p>5. Surchauffe indicateur $< 17.500\text{Kh}$</p>
<p>Construire avec l'Énergie 2 - Au tournant de la PEB - 20 mai 2008 9</p>		

Le niveau $E_w = ?$

- Le niveau de consommation d'énergie primaire est le rapport entre
 - la **consommation** caractéristique annuelle d'**énergie primaire** du bâtiment [MJ]
 - et une **valeur de référence** pour la consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire [MJ]

$$E_w = 100 \frac{E_{char\ ann\ prim\ en\ cons}}{E_{w, char\ ann\ prim\ en\ cons, ref}}$$

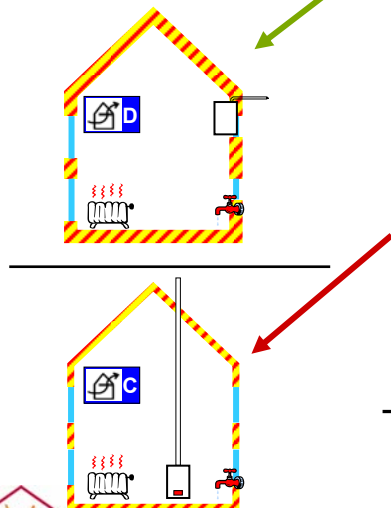
En d'autres mots...



Construire avec l'Énergie 2 - Au tournant de la PEB - 20 mai 2008 10

Le niveau $E_w = ?$

Comparaison de la maison évaluée



avec une maison de référence:

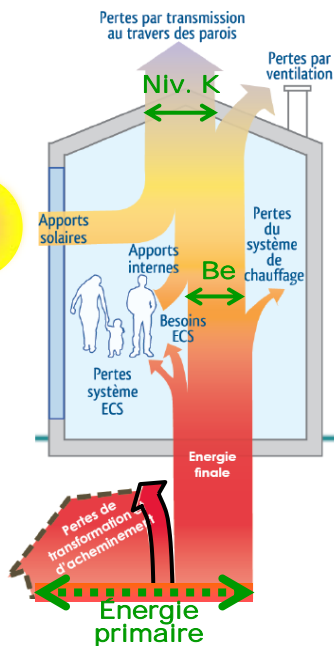
- Même géométrie (V/A_t ; A_{ch})
- Isolation K45
- Etanchéité à l'air: $\dot{v}_{50}=8\text{m}^3/\text{hm}^2$
- Surf. vitrages = 15% surf. Ach
- Ventilation syst. C
- Equipements 'de base'
 - Chaudière mazout T° cste + vannes thermostatiques
 - Production ECS instantanée dans appareil à combustion

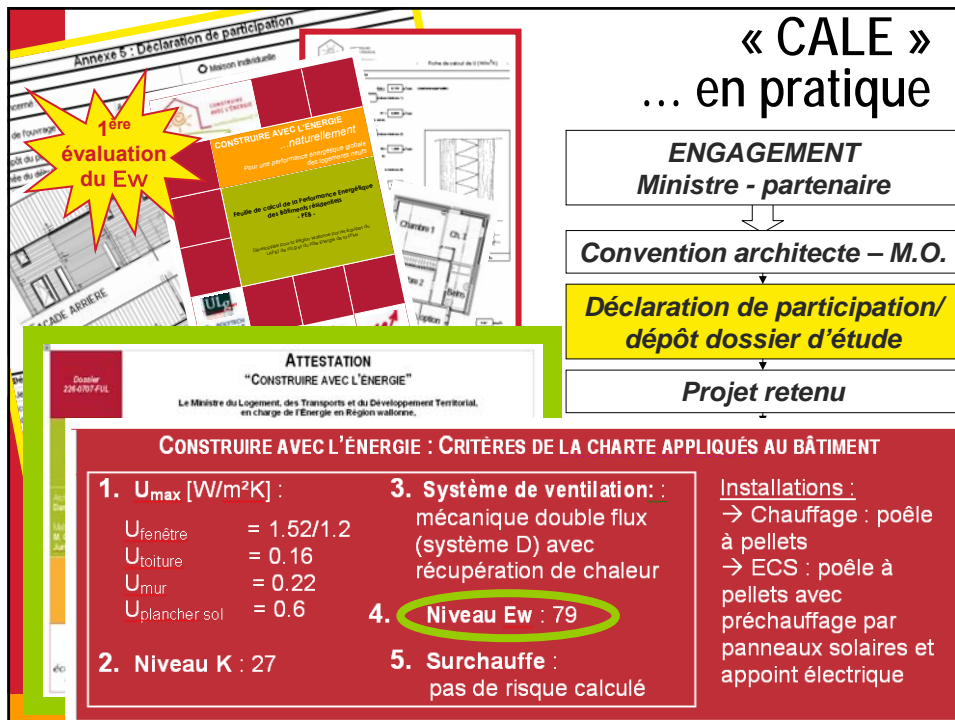
→ La maison évaluée doit **consommer moins d'énergie primaire** que la maison de référence: **$E_w \leq 100$**

Énergie primaire ?

- Prise en compte de toutes les pertes, y compris de transformation et d'acheminement

- Carburants fossiles $fp = 1$
- Électricité $fp = 2,5$
- Électricité (cogénération) $fp = 1,8$
- Biomasse $fp = 1$





Sommaire

- Contexte et principes de l'action
 - La Directive PEB
 - Les critères CALE
- Quelques chiffres statistiques
- Dans la pratique
 - Améliorer les performances, **avec** les partenaires
 - Application à un bâtiment
- Etude économique



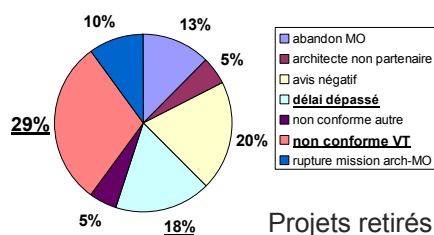
Quelques chiffres

■ Professionnels partenaires 'CALE 2' :

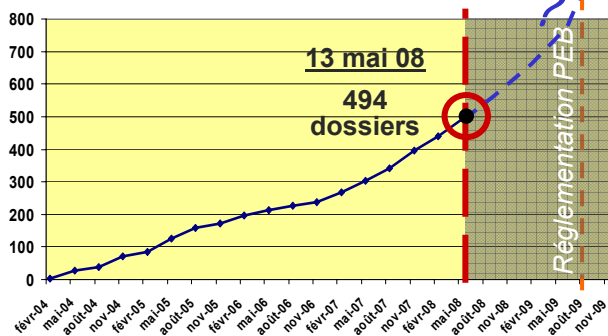
- 453 bureaux d'architecture partenaires
- 100 entreprises
- 20 bureaux d'études

■ Projets:

- 387 projets rentrés pour analyse en phase 1
- 107 projets rentrés depuis le 1^o oct.2007 ('CALE 2')
- 80 attestations transmises pour signature du Ministre
- 374 projets en cours
- 40 projets retirés

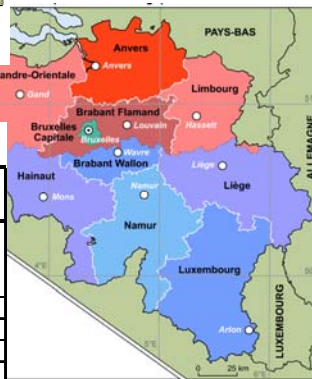


Dossiers



REPARTITION DES DOSSIERS PAR PROVINCE
4 fev 2004 - 13 mai 2008

	dossiers CALE		permis octroyés en RW (fev 2004-dec 2007)	
	nbre	(%)	nbre	(%)
Brabant	85	17.21	4365	12.28%
Hainaut	75	15.18	10201	28.70%
Liège	188	38.06	9958	28.02%
Namur	94	19.03	4919	13.84%
Luxembourg	52	10.53	6100	17.16%
	494		35543	



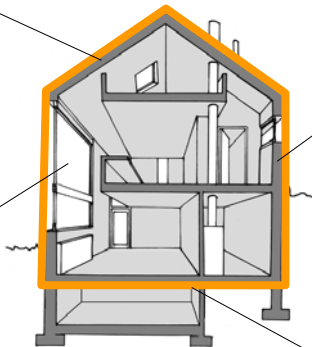
1

Valeurs U

charte
0,4
moy:
0,21 W/m²K

charte
0,6
moy:
0,31 W/m²K

charte
2,0
moy:
1,55 W/m²K



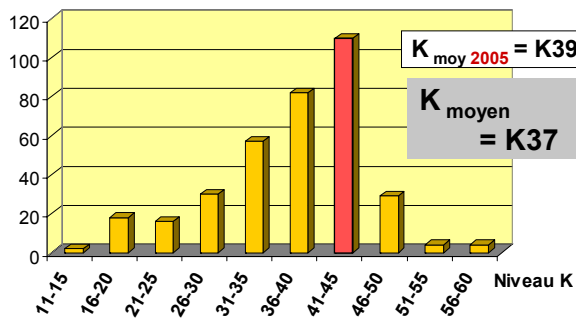
charte
0,6-1,2
moy:
0,46 W/m²K



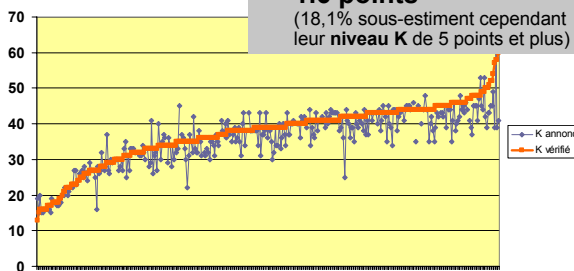
Note:
Moyennes sur 410 projets

2

Niveau K: résultats CALE1



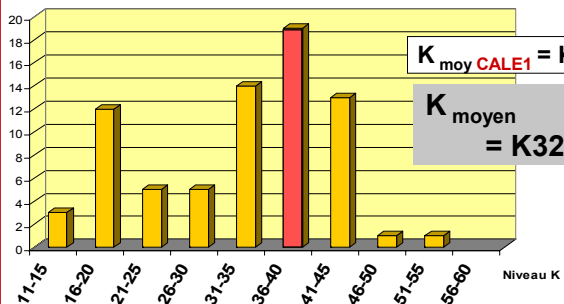
En moyenne,
sous-estimation de
1.6 points
(18,1% sous-estiment cependant
leur niveau K de 5 points et plus)



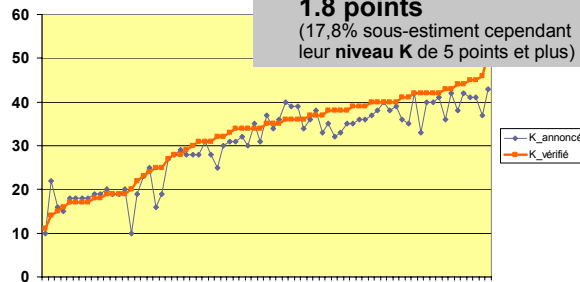
Note:
Graphes incluant les dossiers
ayant reçu un avis négatif

2

Niveau K: résultats CALE2



En moyenne, sous-estimation de 1.8 points
 (17,8% sous-estimation cependant leur niveau K de 5 points et plus)

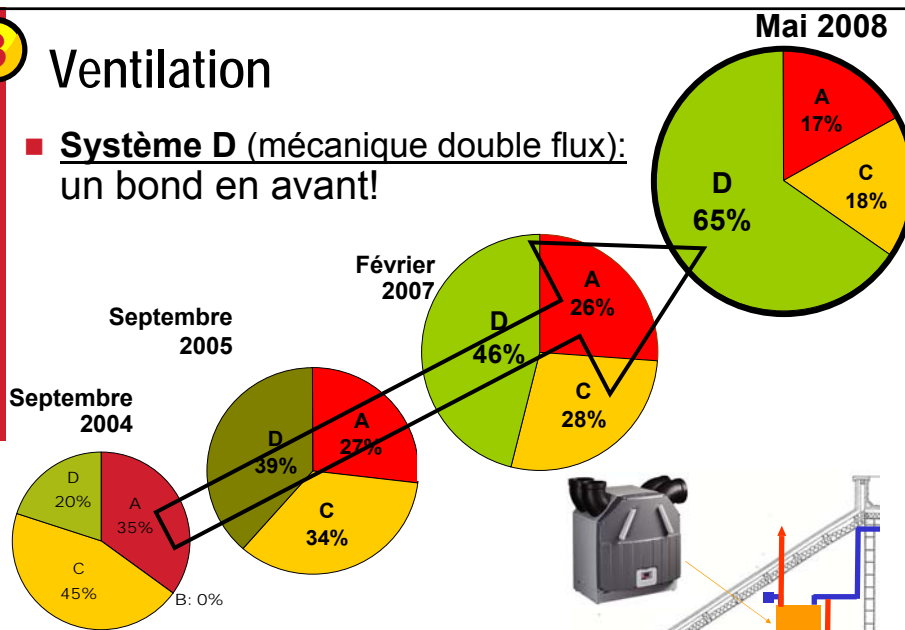


Note:
Graphes incluant les dossiers ayant reçu un avis négatif

3

Ventilation

■ **Systeme D (mécanique double flux): un bond en avant!**

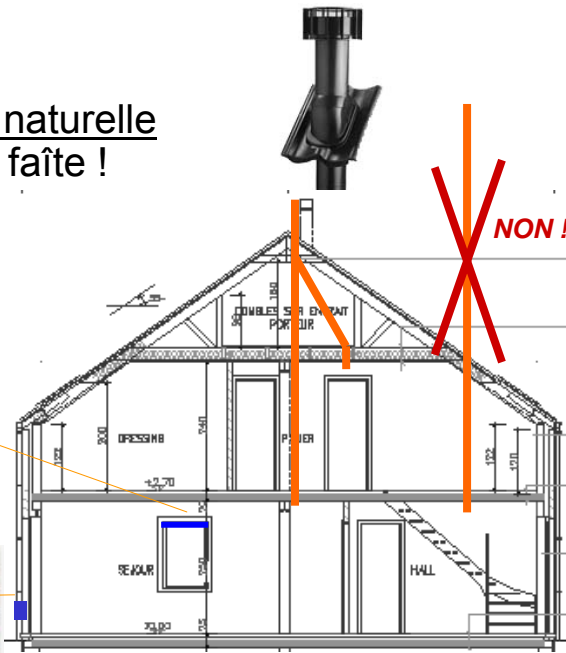


→ CONSOMMATION, CONFORT, QUALITE DE L'AIR, PRIME ...

3 Ventilation

- Evacuation naturelle (syst.A): au faîte !

Pensez-y !



3 Ventilation

■ Points importants:

- Tous les locaux humides et secs doivent être ventilés
- Les grilles d'entrées d'air doivent être correctement dimensionnées
- Les systèmes mécaniques doivent être réglés après installation
- Il faut des ouvertures de transfert ...
- Les conduits et bouches doivent être renseignés sur les plans

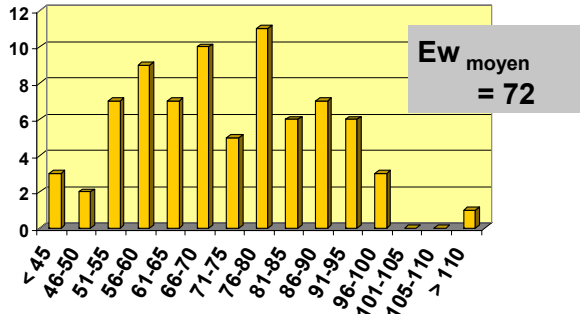


Pierre d'achoppement dans beaucoup de dossiers et ... NON RESPECT DE LA REGLEMENTATION !

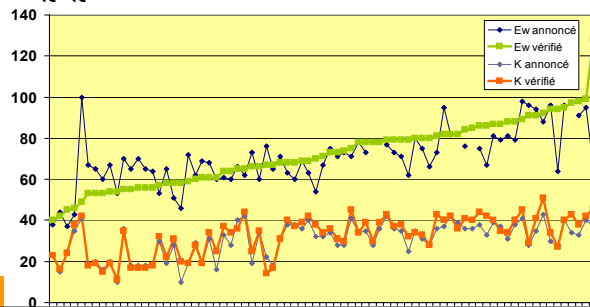


4

Niveau Ew: premières tendances



Notes:
Graphes relatifs à 77 dossiers
Graphes incluant les dossiers ayant reçu un avis négatif

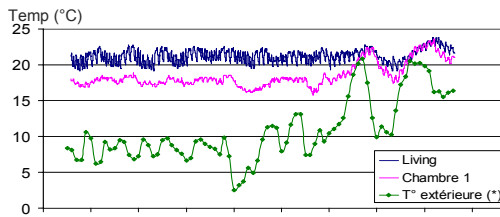


5

Confort ... sans surchauffe !?

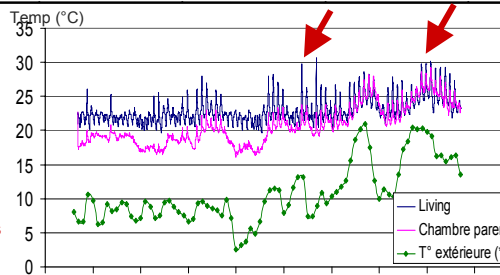
EXEMPLE 1: K38 – Ew48

V : 528 m³ - Ach : 200 m² - peu lourd
 Chauff. central mazout - ECS: boiler couplé
 Vent: syst. D + échangeur - v50 = 1,4 h-1
 Consom. mesurée: 5 litres mazout/m²an
Surface vitrée / Ach = 12.7 %
Risque surchauffe: 0 %



EXEMPLE 2: K44 – Ew73

V : 573 m³ - Ach : 170 m² - mi-lourd
 Chauff. central mazout - ECS: solaire
 Vent: syst. D + échangeur - v50 = 3,6 h-1
 Consom. mesurée: 10 litres mazout/m²an
Surface vitrée / Ach = 34 %
Protections solaires non encore installées
Risque surchauffe: 53 %



7/02/2007
17/02/2007
27/02/2007
9/03/2007
19/03/2007
29/03/2007
8/04/2007
18/04/2007
28/04/2007
8/05/2007
18/05/2007

Sommaire

- Contexte et principes de l'action
 - La Directive PEB
 - Les critères CALE
- Quelques chiffres statistiques
- Dans la pratique
 - Améliorer les performances, **avec** les partenaires
 - Application à un bâtiment
- Etude économique



Support en continu

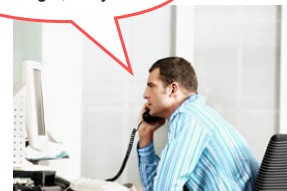
- Guidance générale:

Tél. pour les professionnels:
0478/555.582 (CSTC)
ou construire.energie@bbri.be
- Suivi des projets:

Contacts privilégiés avec les équipes en charge de
l'analyse des dossiers: CSTC – FPMs – UCL - ULg
- Séances d'information – Formations :

Tél.: **0800/90.133** (IFAPME)
ou construire.energie@ifapme.be

*Construire avec
l'énergie, bonjour!*

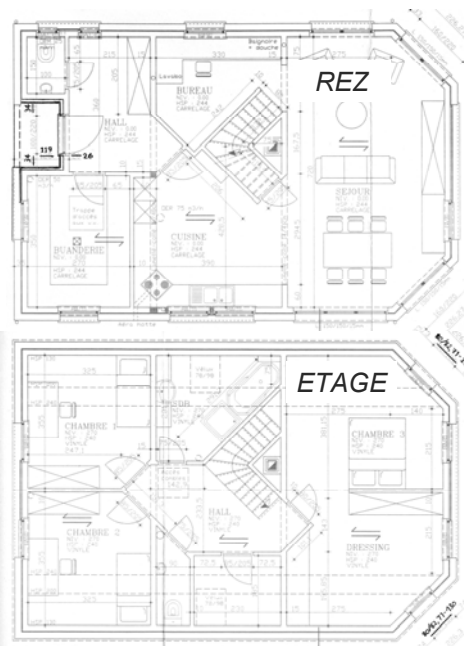
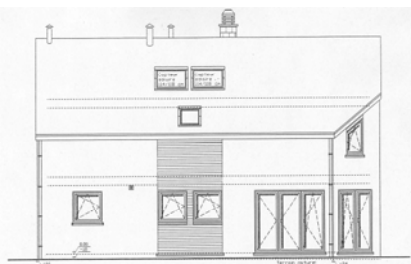


Sommaire

- Contexte et principes de l'action
 - La Directive PEB
 - Les critères CALE
- Quelques chiffres statistiques
- Dans la pratique
 - Améliorer les performances, **avec** les partenaires
 - Application à un bâtiment
- Etude économique



Le bâtiment étudié



Le bâtiment étudié

■ Présentation du bâtiment :

- Maison 4 façades, étage partiellement engagé sous toiture :
 - Surface de plancher chauffé $A_{ch} = 178 \text{ m}^2$
 - Volume protégé $V = 551 \text{ m}^3$
 - Surface de déperdition $A_T = 408 \text{ m}^2$
 - Surface de fenêtres = 34 m^2
 - 28 % au sud,
 - 12 % à l'est, au nord-est et au sud-est
 - 18 % au nord et à l'ouest

= cas moyen de l'échantillon *Construire avec l'énergie!* sur base de:

- A_T : la surface de déperdition totale
- V : le volume protégé
- V/A_T : la compacité volumique
- A_{ch} : la surface de plancher chauffé (au sein du volume protégé)
- S_v/A_{ch} : le rapport surface vitrée/surface de plancher chauffé
- $S_v/façade$: le rapport surface vitrée/surface des façades



Les hypothèses techniques

Cas	ENVELOPPE		SYSTEMES		
	Niv K	Etanchéité à l'air de l'enveloppe du bâtiment	Système de ventilation	Système de chauffage	Système pour l'eau chaude sanitaire
1	55	par défaut	A	gaz BT	couplé
2	45	par défaut	A	gaz BT	couplé
3	45	2 m ³ /hm ²	A	gaz BT	couplé
4	40	2 m ³ /hm ²	A	gaz BT	couplé
5	40	2 m ³ /hm ²	A	gaz cond.	couplé
6	40	2 m ³ /hm ²	A	gaz cond. + chauff. sol	couplé
7	40	2 m ³ /hm ²	D	gaz cond. + chauff. sol	couplé
8	40	2 m ³ /hm ²	D	PAC + chauff. sol	couplé
9	19	0,65 m ³ /hm ²	D	poêle pellets	PAC



Les différents cas

■ Cas 1 (cas de base) :

- Niveau K 55 (respect strict de la réglementation actuelle)
- Étanchéité à l'air par défaut : 12 m³/hm²
- Système de ventilation type A (alimentation et évacuation naturelles)
- Chaudière gaz à basse température pour le chauffage et la production d'ECS

Niveau K	Niveau Ew	Risque de surchauffe	Emission de CO ₂ [tonnes/an]	Coût annuel [€/an]	Consommation kWh/m ² an
55	120	0% : pas de risque	7,75	2.083	214



Les différents cas

■ Cas 2 :

- Caractéristiques identiques au cas de base, mais amélioration du niveau de l'isolation thermique globale → Niveau K 45

A	Peroirs de déperdition	U _i (k) [W/m ² K]	A _i [m ²]
3	Murs extérieurs, façades	0,37	168,11
4	Toitures (plates ou inclinées) ou plafonds supérieurs en dessous des espaces non protégés	0,30	115,78
5	Planchers au-dessus de l'ambiance extérieure	0,40	2,02
6	Planchers au-dessus d'espaces voisins non à l'abri du gel (vide sanitaire)	0,40	87,85

Amélioration du coefficient de transmission thermique U des différentes parois

Niveau K	Niveau Ew	Risque de surchauffe	Emission de CO ₂ [tonnes/an]	Coût annuel [€/an]	Consommation kWh/m ² an
45	107	8% : risque léger à modéré	6,91	1.873	190



Les différents cas

■ Cas 3 :

- Caractéristiques identiques au cas 2, mais amélioration de l'étanchéité à l'air de l'enveloppe
- \dot{V}_{50} = débit de fuite pour une différence de pression de 50 Pa par unité de surface de l'enveloppe extérieure $\rightarrow \dot{V}_{50} = 2 \text{ m}^3/\text{hm}^2$

DEPERDITIONS PAR IN/EXFILTRATION ET PAR VENTILATION

Débit de fuite à 50 Pa : \dot{V}_{50} [m^3/hm^2] :

Valeur par défaut : 12

Valeur "objectif" ou mesurée \dot{V}_{50} :



Amélioration de l'étanchéité à l'air

Niveau K	Niveau Ew	Risque de surchauffe	Emission de CO ₂ [tonnes/an]	Coût annuel [€/an]	Consommation kWh/m ² an
45	91	8% : risque léger à modéré	5,89	1.620	162

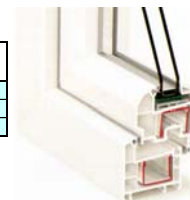


Les différents cas

■ Cas 4 :

- Caractéristiques identiques au cas 3, mais meilleure isolation thermique $\rightarrow K40$:
- placement de châssis $U_{ch} = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ avec un double vitrage $U_{vc} = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ $\rightarrow U_f = 1,49 \text{ W/m}^2\text{K}$

A	Parois de déperdition	$U_f (k_f)$ [$\text{W/m}^2\text{K}$]	A_f [m^2]
1	Fenêtres, tabatières, coupoles, et autres parois translucides	1,49	34,46



Amélioration du coefficient de transmission thermique du châssis et du vitrage

Niveau K	Niveau Ew	Risque de surchauffe	Emission de CO ₂ [tonnes/an]	Coût annuel [€/an]	Consommation kWh/m ² an
40	85	15% : risque léger à modéré	5,54	1.531	152



Les différents cas

■ Cas 5 :

– *idem cas 4, mais placement d'une chaudière gaz à condensation :*

- *Rendement à charge partielle pour une charge de 30 % = 105 %*

Système de production de chaleur pour le chauffage central :

Type de combustible si chauffage central : gaz naturel ▼

Type d'appareil de production de chaleur : chaudière à eau chaude à condensation ▼

Rendement à charge partielle pour une charge de 30% (si générateur d'air chaud et que le rendement à 30% de charge ne peut être mesuré, alors valeur à 100% de charge) " $\eta_{30\%}$ " : 105 %

Si chaudière à eau chaude à condensation :

Type d'émetteur : autres (ex. radiateurs) ▼

Température de retour de conception du système d'émission de chaleur " $\theta_{retour,design}$ " : température par défaut ▼

Température d'entrée de la chaudière à laquelle le rendement à charge partielle a été déterminé:
 $\theta_{30\%}$: 30 °C



Les différents cas

■ Cas 5 (suite) :

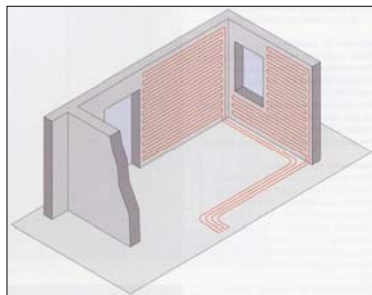
Niveau K	Niveau Ew	Risque de surchauffe	Emission de CO ₂ [tonnes/an]	Coût annuel [€/an]	Consommation kWh/m ² an
40	80	15% : risque léger à modéré	5,20	1.446	142



Les différents cas

■ Cas 6 :

– idem 5, mais placement d'un chauffage de surface (par le sol, les murs ou les plafonds) au lieu de radiateurs



Les différents cas

■ Cas 6 (suite) :

- chauffage de surface (par le sol, murs ou plafond)
- température de retour de conception du système d'émission de chaleur réduite à 35 °C

Type de combustible si chauffage central :	gaz naturel
Type d'appareil de production de chaleur :	chaudière à eau chaude à condensation
Rendement à charge partielle pour une charge de 30% (si générateur d'air chaud et que le rendement à 30% de charge ne peut être mesuré, alors valeur à 100% de charge) "η30%" :	
	105 %
Si chaudière à eau chaude à condensation :	
Type d'émetteur :	chauffage de surface (par sol, mur, plafond)
Température de retour de conception du système d'émission de chaleur "θreturn,design" :	température connue
θreturn,design :	35 °C
Température d'entrée de la chaudière à laquelle le rendement à charge partielle a été déterminé :	
θ30% :	30 °C



Les différents cas

■ Cas 6 (suite) :

Niveau K	Niveau Ew	Risque de surchauffe	Emission de CO ₂ [tonnes/an]	Coût annuel [€/an]	Consommation kWh/m ² an
40	77	15% : risque léger à modéré	4,98	1.392	136



Les différents cas

■ Cas 7 :

– *idem cas 6, mais placement d'une ventilation double flux avec récupération de chaleur :*

- ventilation type D avec récupération de chaleur au lieu de ventilation type A

TABLEAU 3 - Système de ventilation

1 SYSTEME DE VENTILATION	A	B	C	D
1.1. Système choisi	○	○	○	●

Choix d'un système D dans le tableau de la NBN D50-001



Les différents cas

■ Cas 7 (suite) :

Ventilation mécanique double flux : préchauffage de l'air de ventilation

Quelle est la valeur du rendement thermique de l'appareil récupérateur (mesuré selon la EN 308) ?

%

Remarque : Pour bénéficier de la prime pour l'installation d'une ventilation mécanique double flux à récupération de chaleur, l'échangeur thermique doit avoir un rendement minimum de 85% suivant la norme NBN EN 308. Pour plus d'info consultez : <http://energie.wallonie.be/xml/doc.html?ID=9492>

Y-a-t-il une mesure continue des débits entrant et sortant permettant une adaptation continue et automatique des débits par rapport aux valeurs de consigne ?

Y-a-t-il un bypass ?

débit d'air entrant dans l'échangeur [m³/h]

débit d'air sortant de l'échangeur [m³/h]

Résultats :
facteur de réduction pour le préchauffage de l'air de ventilation :

pour le chauffage : rpreh,heat

pour le calcul du risque de surchauffe et du refroidissement : rpreh,cool

Introduction des caractéristiques de l'appareil récupérateur de chaleur

Les différents cas

■ Cas 7 (suite) :

Y-a-t-il un système de récupération de chaleur (échangeur) ?

Valeur calculée pour rpreh,heat : 0,15
Valeur calculée pour rpreh,cool : 1,00

Consommation d'électricité des ventilateurs pour la ventilation volontaire et/ou le chauffage par air chaud

La ventilation est-elle exclusivement naturelle ?

Si non :

Type de ventilateur :

Type d'installation :

Les auxiliaires pour la ventilation

Niveau K	Niveau Ew	Risque de surchauffe	Emission de CO ₂ [tonnes/an]	Coût annuel [€/an]	Consommation kWh/m ² an
40	62	15% : risque léger à modéré	4,17	1.149	109

Les différents cas

■ Cas 8 :

– *idem cas 7, mais placement d'une pompe à chaleur eau/eau :*

- source froide = sol avec capteurs horizontaux
- couplée avec un chauffage par le sol



Les différents cas

■ Cas 8 (suite) :

Système de production de chaleur pour le chauffage central :

Type de combustible si chauffage central :

Type d'appareil de production de chaleur :

Pompe à chaleur : facteur de performance saisonnière moyen (FPS)

Coefficient de performance de la pompe à chaleur selon la EN 14511, COP_{test}

COP_{test} :

Source froide :

Fluide caloporteur :

Introduction des caractéristiques de la pompe à chaleur



Les différents cas

■ Cas 8 (suite) :

Facteur de correction f_g
Facteur de correction sur la température de départ vers le système d'émission de chaleur.

Si le fluide caloporteur est de l'eau :

Type d'émetteur :

Température de départ vers le système d'émission de chaleur dans les conditions de conception d'émission de chaleur :

$\theta_{supply,design}$: °C

Facteur de correction f_g : 1,13

Facteur de performance saisonnière moyen FPS

Facteur de performance saisonnière moyen FPS : 3,07

Introduction des caractéristiques de la pompe à chaleur (suite)

Niveau K	Niveau Ew	Risque de surchauffe	Emission de CO ₂ [tonnes/an]	Coût annuel [€/an]	Consommation kWh/m ² an
40	51	15% : risque léger à modéré	4,54	822	90



Les différents cas

■ Cas 9 :

– Application des caractéristiques d'une maison passive :



- Amélioration des coefficients de transmission thermique U des différentes parois pour répondre aux critères de la maison passive :

→ U_{ch} châssis et $U_{vitrage} < 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$

→ placement de châssis $U_{ch} = 0,71 \text{ W/m}^2\text{K}$ + triple vitrage krypton $U_{vc} = 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ + intercalaires normaux $\Psi_f = 0,11 \text{ W/mK}$

→ $U_f = 0,89 \text{ W/m}^2\text{K}$

A	Parois de déperdition	U_f (k) [W/m ² K]	A_f [m ²]
1	Fenêtres, tabatières, coupoles, et autres parois translucides	0,89	34,46

Amélioration du coefficient de transmission thermique du châssis et du vitrage



Les différents cas

■ Cas 9 (suite) :

– Application des caractéristiques d'une maison passive :

- Amélioration des coefficients de transmission thermique U des différentes parois pour répondre aux critères de la maison passive :

- U des murs, du plancher, du toit $\leq 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$

A	Parois de déperdition	$U_i (k_i)$ [W/m ² K]	A_i [m ²]
3	Murs extérieurs, façades	0,15	168,11
4	Toitures (plates ou inclinées) ou plafonds supérieurs en dessous des espaces non protégés	0,15	115,78
5	Planchers au-dessus de l'ambiance extérieure	0,15	2,02
6	Planchers au-dessus d'espaces voisins non à l'abri du gel (vide sanitaire)	0,15	87,85

Amélioration du coefficient de transmission thermique des autres parois



Les différents cas

■ Cas 9 (suite) :

– Application des caractéristiques d'une maison passive :

- Amélioration de l'étanchéité à l'air : $\eta_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$, ce qui correspond, dans ce cas, à un v_{50} de $0,65 \text{ m}^3/\text{hm}^2$

DEPERDITIONS PAR IN/EXFILTRATION ET PAR VENTILATION	
Débit de fuite à 50 Pa : V_{50} [m ³ /hm ²] :	
<input type="radio"/> Valeur par défaut :	12
<input checked="" type="radio"/> Valeur "objectif" ou mesurée V_{50} :	0,65

Amélioration de l'étanchéité à l'air

- Ventilation double flux avec récupération de chaleur (caractéristiques identiques à celle installée pour les cas 7 et 8)



Les différents cas

■ Cas 9 (suite) :

– Application des caractéristiques d'une maison passive :

- Par ex. poêle à pellets pour le chauffage d'appoint

Système de chauffage local :
 Type de combustible si chauffage local :

Système de chauffage local aux pellets

- Par ex. pompe à chaleur pour l'ECS

Type de combustible pour la production d'eau chaude sanitaire :
 Rendement de production pour la préparation de l'eau chaude sanitaire $\eta_{gen,water}$:
 Type d'installation :
 Type d'appareil :

PAC pour production ECS



Les différents cas

■ Cas 9 (suite) :

Niveau K	Niveau Ew	Risque de surchauffe	Emission de CO ₂ [tonnes/an]	Coût annuel [€/an]	Consommation kWh/m ² an
19	40	61% : risque modéré à élevé	2,58	659	71

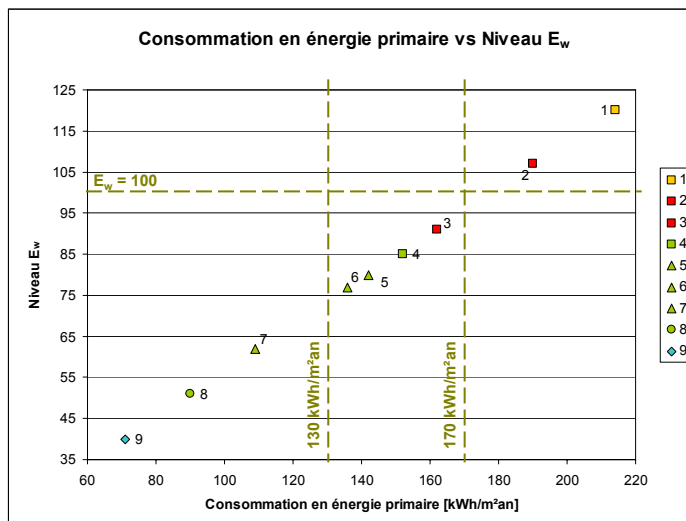


Les résultats énergétiques

Cas	ENVELOPPE		SYSTEMES			PERFORMANCES		
	Niv K	Etanchéité à l'air de l'enveloppe du bâtiment	Système de ventilation	Système de chauffage	Système pour l'eau chaude sanitaire	Niv E _w	EP kWh/m ² an	CO ₂ t/an
1	55	par défaut	A	gaz BT	couplé	120	214	7,75
2	45	par défaut	A	gaz BT	couplé	107	190	6,91
3	45	2 m ³ /hm ²	A	gaz BT	couplé	91	162	5,89
4	40	2 m ³ /hm ²	A	gaz BT	couplé	85	152	5,54
5	40	2 m ³ /hm ²	A	gaz cond.	couplé	80	142	5,20
6	40	2 m ³ /hm ²	A	gaz cond. + chauff. sol	couplé	77	136	4,98
7	40	2 m ³ /hm ²	D	gaz cond. + chauff. sol	couplé	62	109	4,17
8	40	2 m ³ /hm ²	D	PAC + chauff. sol	couplé	51	90	4,54
9	19	0,65 m ³ /hm ²	D	poêle pellets	PAC	40	71	2,58



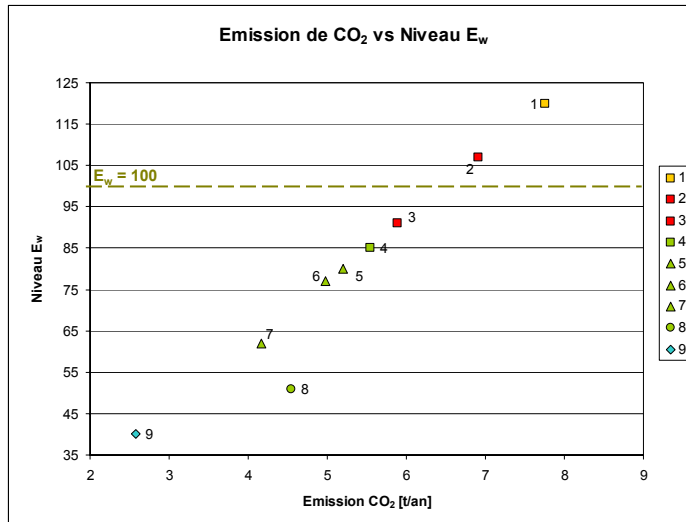
Les résultats énergétiques



LEGENDE
 Chaudière gaz basse temp. □
 Chaudière gaz condensation △
 Pompe à chaleur eau / eau ○
 Poêle pellets + PAC ◇
 K55
 K45
 K40
 K19



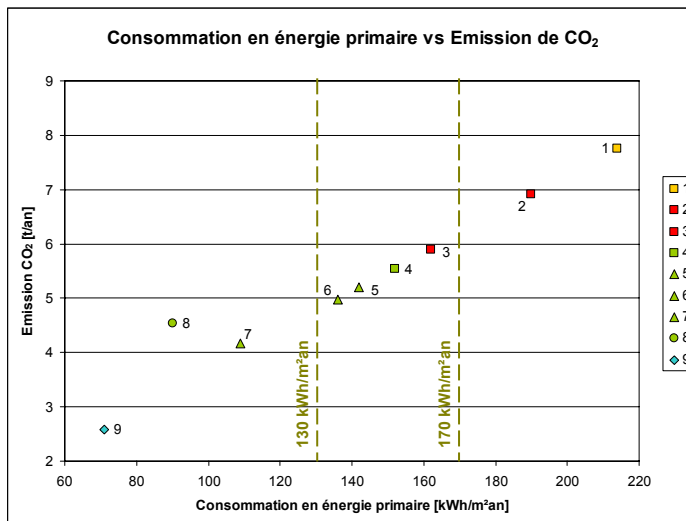
Les résultats environnementaux



- LEGENDE**
- Chaudière gaz basse temp.
 - △ Chaudière gaz condensation
 - Pompe à chaleur eau / eau
 - ◇ Poêle pellets + PAC
- K55
K45
K40
K19



Les résultats environnementaux



- LEGENDE**
- Chaudière gaz basse temp.
 - △ Chaudière gaz condensation
 - Pompe à chaleur eau / eau
 - ◇ Poêle pellets + PAC
- K55
K45
K40
K19

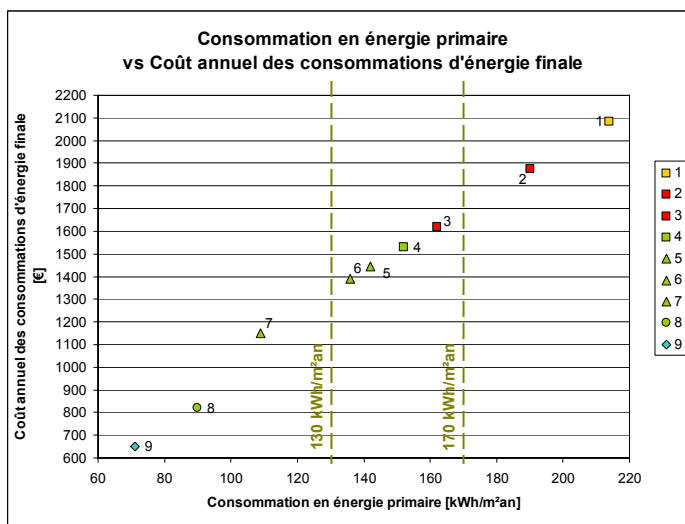


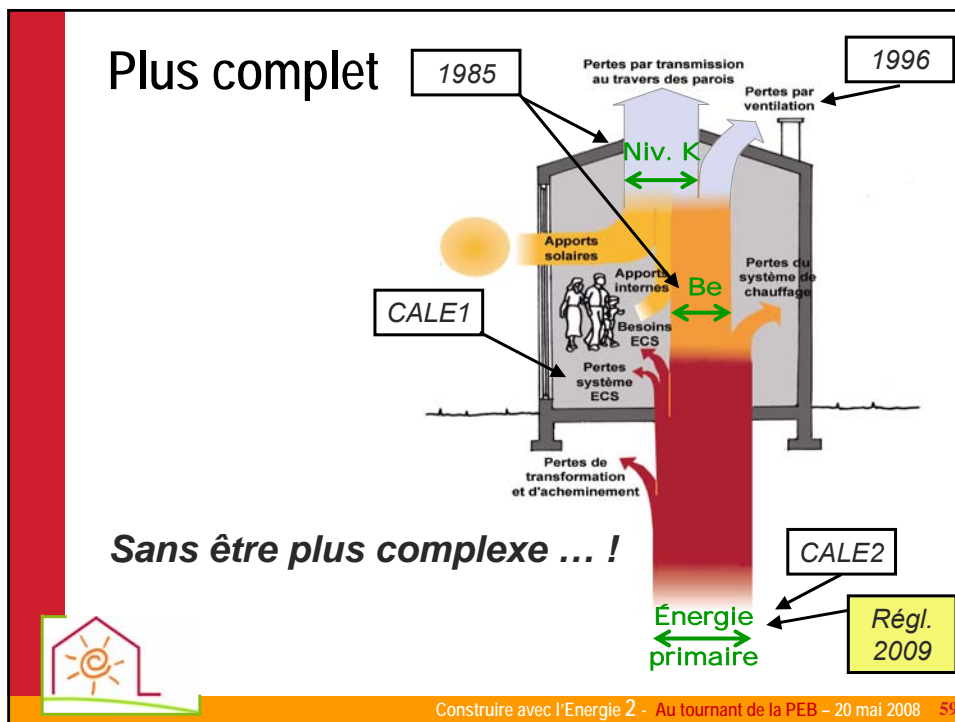
Les coûts annuels d'énergie

Cas	ENVELOPPE		SYSTEMES			PERFORMANCES			COÛT
	Niv K	Etanchéité à l'air de l'enveloppe du bâtiment	Système de ventilation	Système de chauffage	Système pour l'eau chaude sanitaire	Niv E _u	EP kWh/m ² an	CO ₂ t/an	Coût annuel des consommations en énergie finale €/an
1	55	par défaut	A	gaz BT	couplé	120	214	7,75	2083
2	45	par défaut	A	gaz BT	couplé	107	190	6,91	1873
3	45	2 m ³ /hm ²	A	gaz BT	couplé	91	162	5,89	1620
4	40	2 m ³ /hm ²	A	gaz BT	couplé	85	152	5,54	1531
5	40	2 m ³ /hm ²	A	gaz cond.	couplé	80	142	5,20	1446
6	40	2 m ³ /hm ²	A	gaz cond. + chauff. sol	couplé	77	136	4,98	1392
7	40	2 m ³ /hm ²	D	gaz cond. + chauff. sol	couplé	62	109	4,17	1149
8	40	2 m ³ /hm ²	D	PAC + chauff. sol	couplé	51	90	4,54	822
9	19	0,65 m ³ /hm ²	D	poêle pellets	PAC	40	71	2,58	652



Les coûts annuels d'énergie





Sommaire

- Contexte et principes de l'action
 - La Directive PEB
 - Les critères CALE
- Quelques chiffres statistiques
- Dans la pratique
 - Améliorer les performances, **avec** les partenaires
 - Application à un bâtiment
- Etude économique

Construire avec l'Énergie 2 - Au tournant de la PEB - 20 mai 2008 60

Introduction

Investir dans la PEB : est-ce rentable ?

Les actions pour diminuer le niveau E_w sont connues :

1. Renforcer l'**isolation thermique**
2. Augmenter l'**étanchéité à l'air**
3. Utiliser un système de **ventilation double flux** avec récupération de chaleur
4. Augmenter les **rendements** des systèmes de production de chaleur
5. ...

➔ Mais, **est-ce rentable ?**

Peut-on caractériser cette rentabilité ?



Introduction

Indicateurs économiques

Investir dans un bâtiment énergétiquement performant



=

Placement d'argent



Comment 'mesurer' la rentabilité économique ?

Les *indicateurs économiques* caractérisent l'intérêt de l'investissement I par rapport à une *situation de référence*



Introduction

Indicateurs économiques utilisés

Temps de retour dynamique : TRD

« Représente le nombre d'années nécessaires pour récupérer la dépense d'investissement initiale ».

Taux de rentabilité interne modifié : TRIM

« Représente le taux d'intérêt 'moyen' de l'investissement ».

→ $TRIM > T_a (=3.6\%) \rightarrow$ Investissement 'rentable'

↳ Il est plus intéressant d'investir dans la PEB

→ $TRIM < T_a (=3.6\%) \rightarrow$ Investissement 'non rentable'

↳ Il est plus intéressant de placer son argent en banque

→ Ces indicateurs tiennent compte de la **valeur temporelle de l'argent**.
Ils se calculent avec des recettes annuelles **actualisées** au temps 0.



Introduction

Hypothèses économiques

Durée d'utilisation : 40 ans

40 ans = période entre 2 rénovations profondes

Montant de l'investissement emprunté à 4.4 %

crédit à taux fixe (4.4%) et à montant d'échéances fixe sur 25 ans (Belgostat, janvier 2007)

Taux d'actualisation 3.6 %

3.6 % = taux d'intérêt moyen sur les dépôts à long terme (Belgostat, janvier 2007)

Taux d'inflation 2 %

objectif CE

Prise en compte du remplacement des équipements techniques

la durée de vie des équipements techniques est de 20 ans

Prise en compte des primes et réductions d'impôt

en vigueur en janvier 2007



Introduction

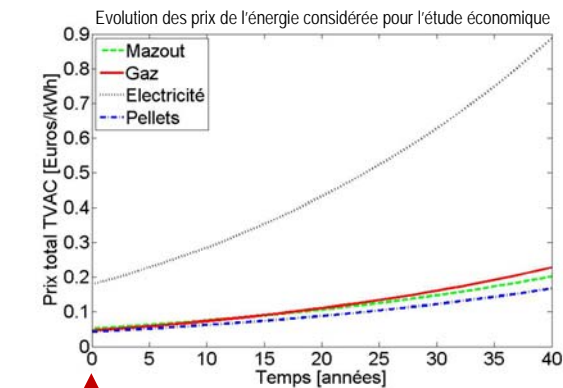
Evolution des prix de l'énergie

Prise en compte de l'augmentation du coût de l'énergie

Rapport de la Communauté Européenne relatif à l'augmentation des prix de l'énergie jusqu'en 2030 : « European energy and transport scenarios on key drivers », 2004

Prix du mazout

10 janv. 2004:	0,32 €/l
15 janv. 2008:	0,67€/l
2 avril 2008:	0,73€/l
24 avril 2008:	0,80€/l !



↑
Etude économique
Janv. 2007

Introduction

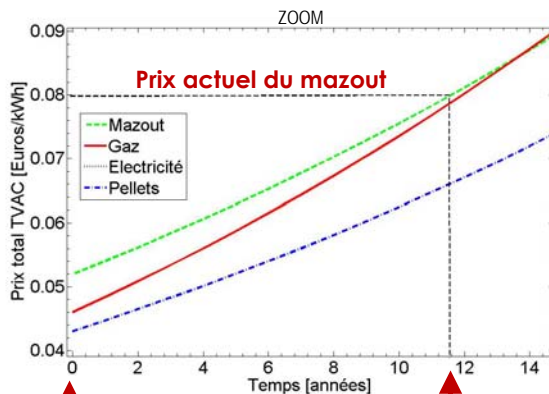
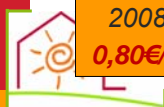
Le scénario retenu est optimiste

Prise en compte de l'augmentation du coût de l'énergie

Rapport de la Communauté Européenne relatif à l'augmentation des prix de l'énergie jusqu'en 2030 : « European energy and transport scenarios on key drivers », 2004

Prix du mazout

10 janv. 2004:	0,32 €/l
15 janv. 2008:	0,67€/l
2 avril 2008:	0,73€/l
24 avril 2008:	0,80€/l !

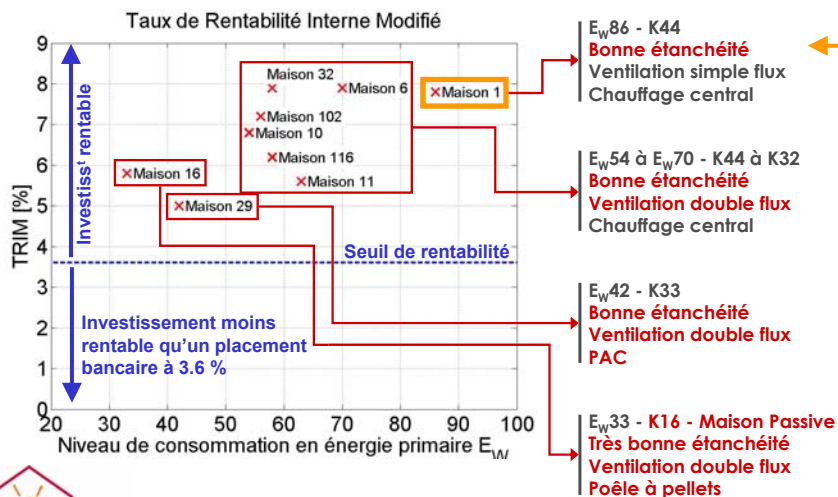


↑
Etude économique
Janv. 2007

↑
**Le prix actuel du mazout ne
serait atteint qu'en 2019 !!!**

10 maisons étudiées

Toutes les maisons étudiées sont rentables



Maison 1

Architecte : F. Ellebout



Maison telle que réalisée	Maison de base de comparaison
- $A_{ch} = 179 \text{ m}^2$; $V = 514 \text{ m}^3$; $V/A_T = 1 \text{ m}$	- Idem
- K44 - E_{W86}	- K55 - E_{W111}
- Fortement étanche ($v_{50} = 2 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$)	- Peu étanche ($v_{50} = 12 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$)
- Ventilation simple flux (type C)	- Idem
- Chauffage central, chaudière HR au mazout, plancher chauffant	- Idem mais radiateurs
- Boiler couplé à la chaudière	- Idem
- Pas de chauffe-eau solaire	- Idem



Maison 1

	Surcoût à la construction [€]	Surcoût sur 40 ans [€]
Isolation thermique	3 628	3 628
Chauffage	543	129
Étanchéité à l'air	1 936	1 936
Total hors emprunt, hors primes	6 107	5 693
Total emprunt et primes compris	4 396	3 982

Primes : CALE (750 €); K45 (1500 €)

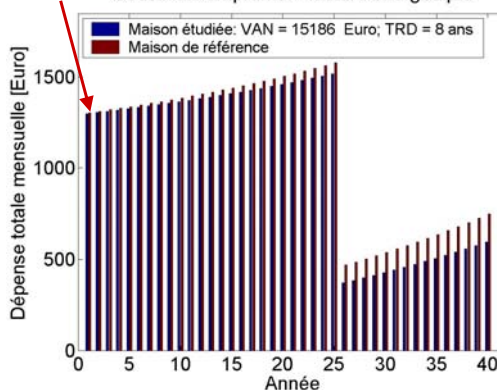
TRD = 8 ans
TRIM = 7.8 %

Remboursement **emprunt** :
suppl. = 34 €/mois constant

Facture **énergie** :
gain = 39 €/mois la 1^{ère} année

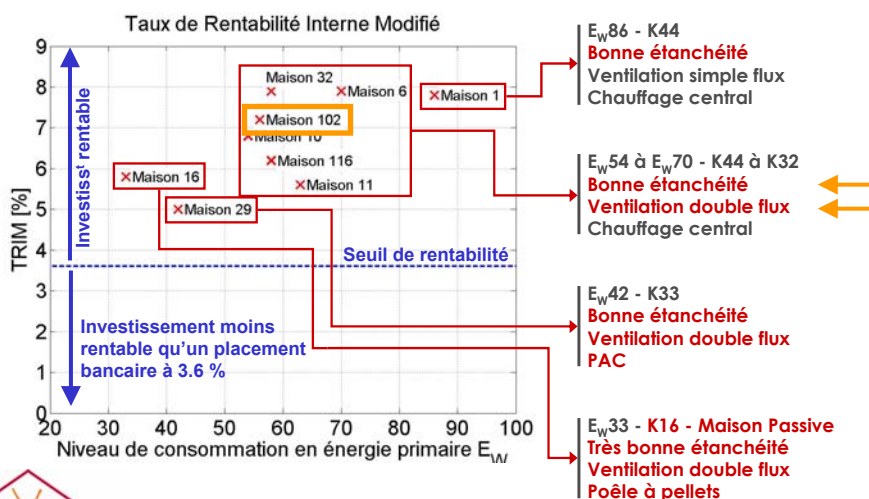
→ **Économie dès la 1^{ère} année**

Coût initial emprunté + facture énergétique



10 maisons étudiées

Toutes les maisons étudiées sont rentables



Maison 102



Architecte : C. Delmotte

Maison telle que réalisée	Maison de base de comparaison
- $A_{ch}=200 \text{ m}^2$; $V=528 \text{ m}^3$; $V/A_T=1.3 \text{ m}$	- Idem
- K38 – E_w48	- K55 – E_w96
- Fortement étanche ($v_{50} = 1.4 \text{ m}^3/\text{h/m}^2$)	- Peu étanche ($v_{50} = 12 \text{ m}^3/\text{h/m}^2$)
- Ventilation double flux (type D) + récupération de chaleur	- Ventilation simple flux (type C)
- Chauffage central, chaudière à condensation (mazout), radiateurs	- Chauffage central, chaudière HR (mazout), radiateurs
- Boiler couplé à la chaudière	- Idem
- Pas de chauffe-eau solaire	- Idem

Construire avec l'Énergie 2 - Au tournant de la PEB – 20 mai 2008

71

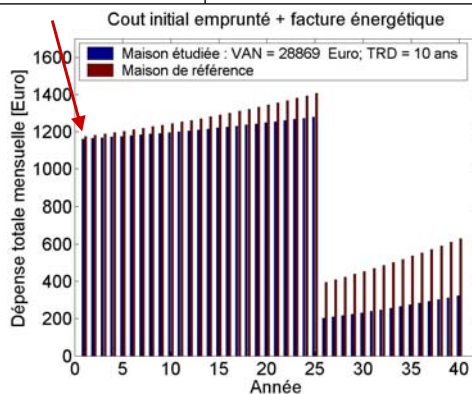
Maison 102

	Surcoût à la construction [€]	Surcoût sur 40 ans [€]
Isolation thermique	3 190	3 190
Chauffage	1 881	3 282
Ventilation	3 933	5 484
Étanchéité à l'air	1 936	1 936
Total hors emprunt, hors primes	10 940	13 891
Total emprunt et primes compris	7 270	9 005

Primes : CALE (750 €); K45 (1500 €);
Ventilation (1500 €); Chaud. à cond.
(500 €); Réduc. d'impôt suppl. (385 €)

TRD = 10 ans
TRIM = 7.4 %

Remboursement **emprunt** :
suppl. = **61 €/mois** constant
Facture **énergie** :
gain = **75 €/mois** la 1^{ère} année
→ **économie dès la première année**

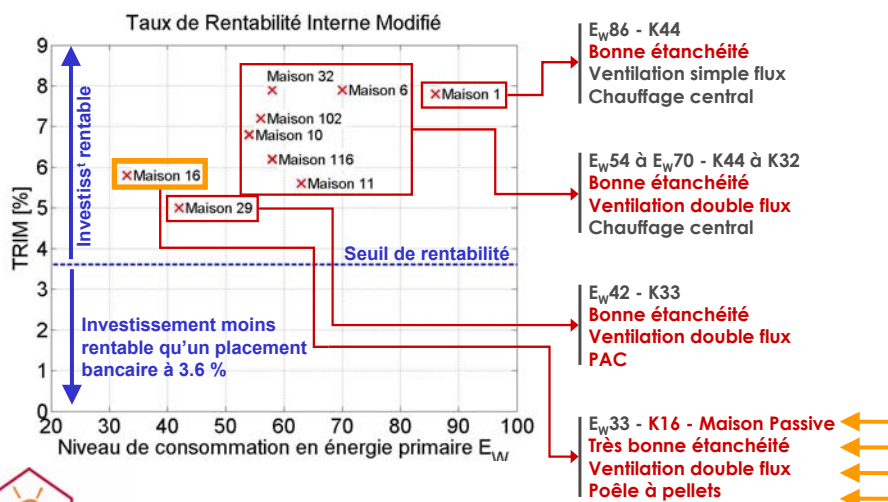


Construire avec l'Énergie 2 - Au tournant de la PEB – 20 mai 2008

72

10 maisons étudiées

Toutes les maisons étudiées sont rentables



Maison passive 16

Architecte : L. Michaelis



Maison telle que réalisée	Maison de base de comparaison
- $A_{ch}=174 \text{ m}^2$; $V=536 \text{ m}^3$; $V/A_T=1.4 \text{ m}$	- Idem
- K16 - E _w 33	- K55 - E _w 120
- Très fortement étanche ($v_{50} = 0.7 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$)	- Peu étanche ($v_{50} = 12 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$)
- Ventilation double flux (type D) + récupération de chaleur	- Ventilation simple flux (type C)
- Poêle à pellets	- Chauffage central, chaudière HR (mazout), radiateurs
- Chauffe-eau solaire (4m ²) avec appoint au gaz (bouteille)	- Boiler couplé à la chaudière sans chauffe-eau solaire



Maison passive 16

	Surcoût à la construction [€]	Surcoût sur 40 ans [€]
Isolation thermique: K16	11 780	11 780
Vitrage: triple vitrage	7 838	7 838
Chauffage: poêle à pellets	-4 265	-5 618
ECS: chauffe-eau solaire appoint gaz	6 364	11 027
Ventilation double flux avec récup.	3 933	5 484
Etanchéité ($v_{50} = 0.7 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$)	2 904	2 904
Total hors emprunt, hors primes	28 554	33 415
Total emprunt et primes compris	22 087	24 007

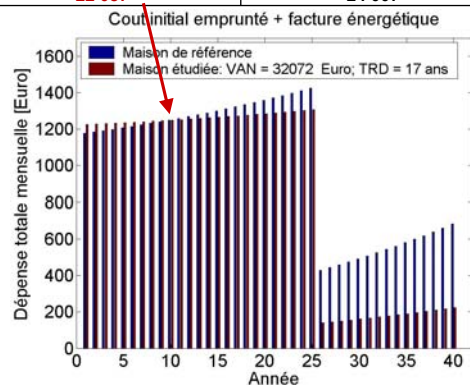
Primes : CALE (750 €); Certification passive (3500 €); Ventilation (1500 €); Solaire (1500 €); Poêle (250 €); Réduc. d'impôt suppl. (1488 €)

TRD = 17 ans
TRIM = 5.8 %

Remboursement emprunt :
suppl. = 159 €/mois constant

Facture énergie:
gain = 110 €/mois la 1^{ère} année

→ compensation prêt-énergie à la 10^{ème} année



Construire avec l'Énergie 2 - Au tournant de la PEB - 20 mai 2008

75

Construire K55, K45, K30, ... ?

Existe-il un optimum économique global ?

NON, pas de manière générale !

Le niveau K optimal dépend notamment :

- du mode de construction (maçonnerie, ossature bois, ...)
- des vitrages (double ou triple, surface vitrée), ponts thermiques
- de la géométrie (compacité) et de l'orientation de l'enveloppe
- des prix des matériaux et de la mise en œuvre
- des installations techniques

MAIS, pour une **maison 'moyenne'**, certaines *lignes de conduites* peuvent être avancées ...



Construire avec l'Énergie 2 - Au tournant de la PEB - 20 mai 2008

76

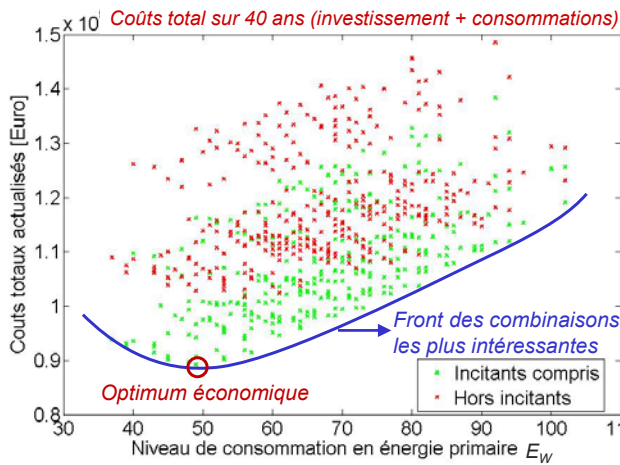
Optimum économique

Maison 'moyenne' = Maison 102



Architecte : C. Delmotte

déclinée sous un **grand nombre de variantes** : variation du niveau d'isolation, du type de vitrage, du niveau d'étanchéité, des installations techniques (chauffage, ecs et ventilation)

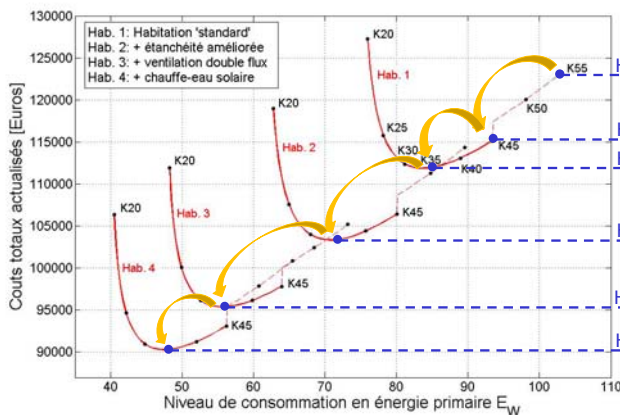


Analyse du front

Améliorer :

1. **Isolation** thermique
2. **Etanchéité** à l'air
3. **Ventilation**: double flux + récup.
4. **Rendements** des systèmes de chauffage et ECS
5. Opter pour des **systèmes de production d'énergie renouvelable**

Optimum économique



Hab. 1 en K55 = base de compar

Hab. 1 en K45: + Isolation

Hab. 1 en K35: + Isolation

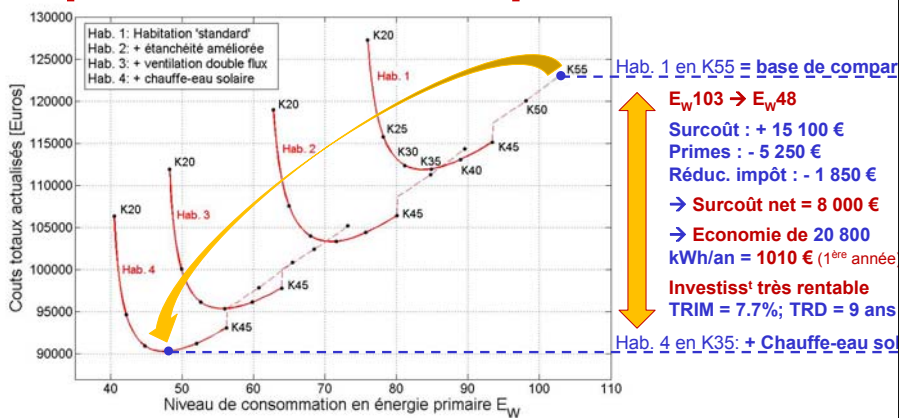
Hab. 2 en K35: + Etanchéité

Hab. 3 en K35: + Ventil. DF

Hab. 4 en K35: + Chauffe-eau sol

	Investissement supplémentaire	Niv K	Surcoût [-€]	Primes [€]	Niv. E _w	Gain Energ. [kWh/an]	Gain Energ [€/an]	TRD [ans]	TRIM [%]
Hab 1	-	55	0	-	103	-	-	-	-
Hab 1'	+ Isolation K55→K45	45	+1700	+2250	93	+3700	+170	-	-
Hab 1''	+ Isolation K45→K35	35	+3300	-	85	+3500	+150	7	8.1
Hab 2	+ Etanchéité v _{sn} =12→2 m³/h/m²	35	+1900	-	72	+4700	+250	7	8.2
Hab 3	+ Ventil. double flux avec récup.	35	+3900	+1500	56	+6100	+290	9	7.6
Hab 4	+ Chauffe-eau solaire (4m²)	35	+4300	+1500	48	+2800	+150	9	7.7
TOTAUX Hab.4 vs Hab.1			15100	5250		20800	1010		

Optimum économique

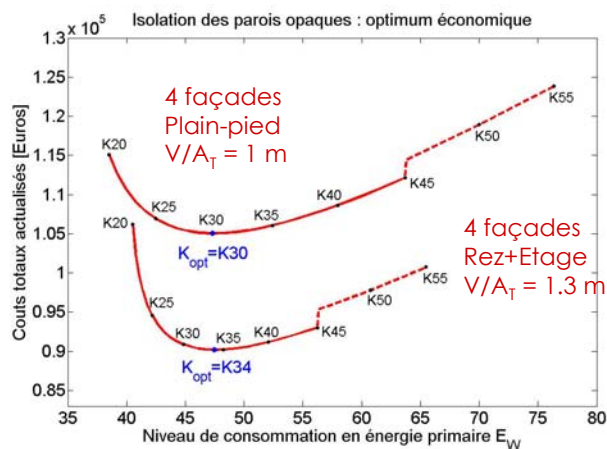


	Investissement supplémentaire	Niv K	Surcoût [€]	Prime [€]	Niv. E_w	Gain Energie [kWh/an]	Gain Coût [€/an]	TRD [ans]	TRIM [%]
Hab 1	-	55	0	-	103	-	-	-	-
Hab	+ Isolation K55→K45	45	+ 1700	+2250	93	+ 3700	+ 170	-	-
Hab 1''	+ Isolation K45→K35	35	+ 3300	-	85	+ 3500	+ 150	7	8.1
Hab 2	+ Etanchéité $v_{50}=12 \rightarrow 2 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^3$	35	+ 1900	-	72	+ 4700	+ 250	7	8.2
Hab 3	+ Ventil. double flux avec récup.	35	+ 3900	+1500	56	+ 6100	+ 290	9	7.6
Hab 4	+ Chauffe-eau solaire (4m ²)	35	+ 4300	+1500	48	+ 2800	+ 150	9	7.7
TOTAUX Hab.4 vs Hab.1			15100	5250		20800	1010		

Construire K55, K45, K30, ... ?

ATTENTION, ce niveau K optimum n'est pas général !!!

Il dépend notamment de la **compacité**



Variantes de la Maison 'moyenne' avec :

- Bonne étanchéité $v_{50}=2 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^3$
- Ventil. Double flux + récup. de chaleur
- Chauffe-eau solaire

+ variation de la compacité

Rez + Etage : $V/A_T = 1.3 \text{ m}$

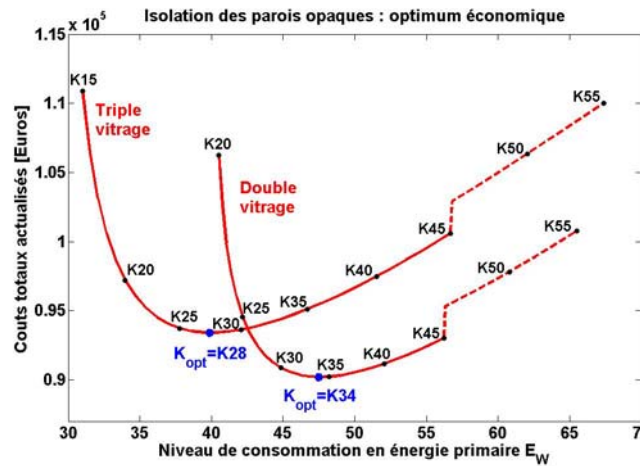
Plain-pied : $V/A_T = 1 \text{ m}$



Construire K55, K45, K30, ... ?

ATTENTION, ce niveau K optimum n'est pas général !!!

Il dépend notamment du **type de vitrages**



Variantes de la Maison 'moyenne' avec :

- Bonne étanchéité $v_{50}=2 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^3$
- Ventil. Double flux + récup. de chaleur
- Chauffe-eau solaire

+ variation du type de vitrages :

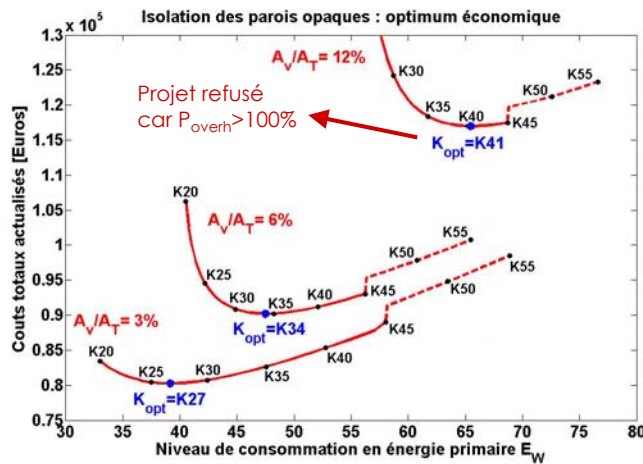
Double vitrage :
 $U = 1.5 \text{ W}/\text{m}^2/\text{K}$
 $g = 0.75$

Triple vitrage :
 $U = 0.8 \text{ W}/\text{m}^2/\text{K}$
 $g = 0.5$

Construire K55, K45, K30, ... ?

ATTENTION, ce niveau K optimum n'est pas général !!!

Il dépend notamment de la **superficie vitrée**



Variantes de la Maison 'moyenne' avec :

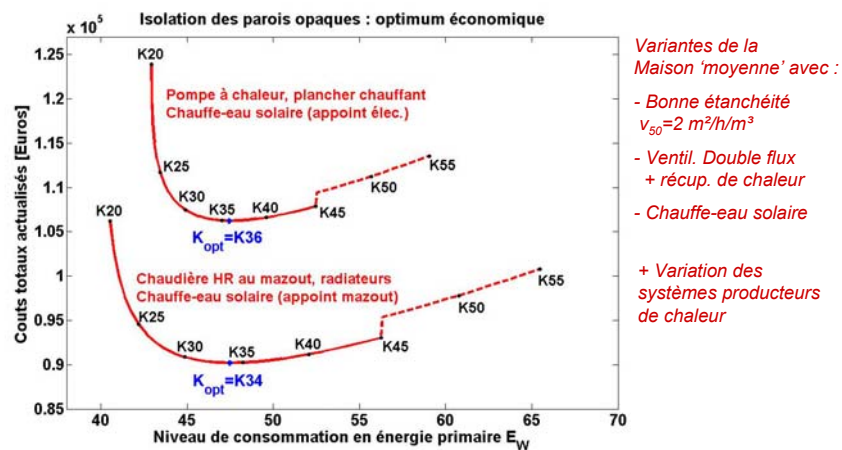
- Bonne étanchéité $v_{50}=2 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^3$
- Ventil. Double flux + récup. de chaleur
- Chauffe-eau solaire

+ Variation du rapport de l'aire vitrée à l'aire de déperdition totale : A_v/A_T

Construire K55, K45, K30, ... ?

ATTENTION, ce niveau K optimum n'est pas général !!!

Il dépend des **systèmes de production de chaleur**
(dans une moindre mesure)



Construire avec l'Energie 2 - Au tournant de la PEB - 20 mai 2008 83

Conclusion

Investir dans la PEB : c'est rentable !

- ✓ Toutes les maisons CALE étudiées sont plus rentables qu'un investissement bancaire sans risque et à long terme (TRD de 8 à 24 ans et TRIM supérieurs à 5%)
- ✓ Viser une performance énergétique économiquement rentable, c'est améliorer :
 - Isolation thermique → Etanchéité à l'air → Ventilation double flux + récup.
 - Rendements des systèmes producteurs de chaleur
 - Opter pour des systèmes de production d'énergie renouvelable
- ✓ Ce faisant, l'investissement consenti est très rentable.
Pour la maison 'moyenne' étudiée : TRIM ~ 8% et TRD ~ 9ans
- ✓ Pour cette étude, le niveau K optimal se situe généralement entre K30 et K35 pour une maison unifamiliale 'moyenne'.
Néanmoins, il varie selon le mode de construction, le type de vitrage, la géométrie et l'orientation de l'enveloppe, etc.

Construire avec l'Energie 2 - Au tournant de la PEB - 20 mai 2008 84

Encadrement de l'action

■ Des équipes pour la mise en oeuvre :

- CSTC: coordination, formations, suivi dossiers
- CSTC, FPMs, UCL, ULg: suivi des dossiers, formations
- CCW: promotion, séminaires entreprises
- FPMs: étude économique
- FPMs, ULg: outil de calcul
- IFAPME: organisation pratique des formations
- ULg: brochures, fiches synoptiques

