



**Le confort thermique
en période chaude**



Au programme :

- Pourquoi ?
- Rappel
 - Historique
 - Les trois clefs de base de l'isolation (λ , R, U)
- Situation estivale
- Au-delà des trois clefs ...
- Ubakus : logiciel gratuit en support à la conception
- Au-delà des parois opaques
- Conclusion

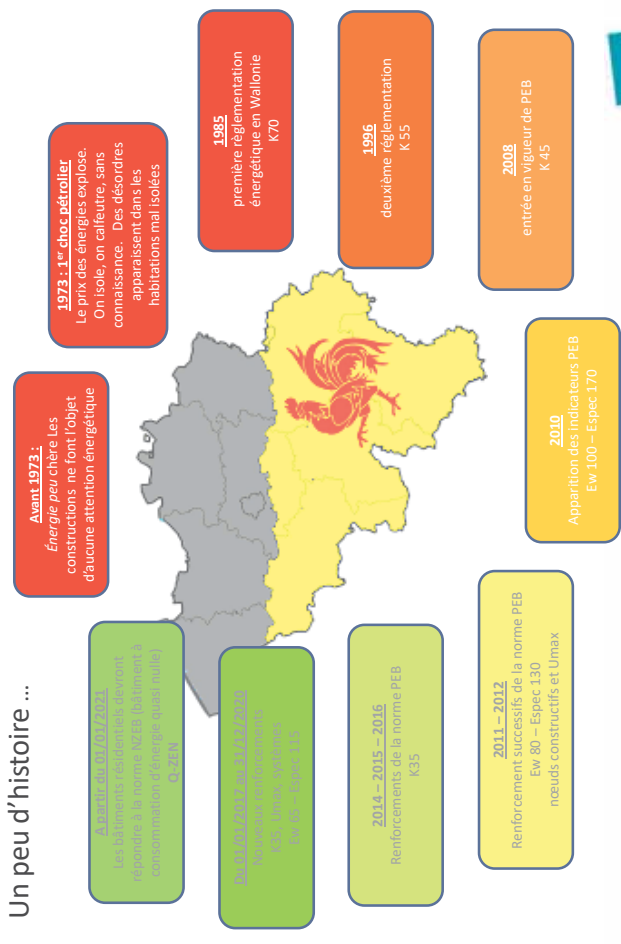
Questions / réponses



Pourquoi se préoccuper du confort estival ?



Un peu d'histoire ...





La RE impose des niveaux d'isolation

Élément de construction	U max (W/m².K)
Perte à travers le volume protégé	
Tolérance et plafonds	0,24
Murs (1)	0,24
Planchers (1)	0,24
Portes et portes de garage	2,00
Fenêtres : <ul style="list-style-type: none"> - Ensemble châssis et vitrage - Vitrage uniquement 	1,40 1,10
Murs vitrés : <ul style="list-style-type: none"> - Ensemble châssis et vitrage - Vitrage uniquement 	2,00 1,10
Parois (1) transparentes/ou opaques autres que les vitres : <ul style="list-style-type: none"> - Ensemble châssis et partie transparente - Partie transparente uniquement (ex : coupe de toit en polycarbonate...) 	2,00 1,40
Boîtes de verre	2,00
Perte entre 2 volumes protégés situés sur des parcelles adjacentes (2)	
Perte opaque à l'extérieur du volume protégé ou adjointes à un volume protégé sur la même parcelle (1)	

Pour vérifier si une paroi répond bien aux critères REB, il faut calculer

3 notions très importantes :
λ, R et U

U

Les trois clefs de l'isolation

λ

λ

Lambda

Conductivité thermique



La résistance thermique – R

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

Épaisseur en mètre du matériau

Valeur lambda du matériau




La résistance thermique mesure la capacité d'isolation d'une couche de matériau

La valeur R est exprimée en (m².K)/W (mètre carré kelvin par watt)

Plus R est grand, plus la couche est isolante



Guy HALLARD – Centre de compétence ConstruForm Hainaut

<p>Fibre de bois haute densité : $\lambda = 0,042$</p> 	→ 140 mm →	R = 3,33
<p>Polystyrène extrudé : $\lambda = 0,038$</p> 	→ 100 mm →	R = 2,63
<p>Polyuréthane : $\lambda = 0,025$</p> 	→ 80 mm →	R = 3,2



Guy HALLARD – Centre de compétence ConstruForm Hainaut

U

Transmission thermique (d'une paroi)



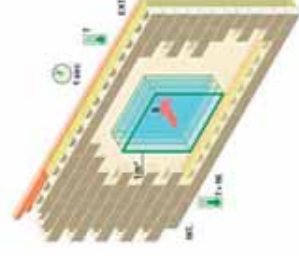
Guy HALLARD – Centre de compétence ConstruForm Hainaut

La transmission thermique d'une paroi - U

$$U = \frac{1}{R}$$

Le coefficient de transmission thermique d'une paroi quantifie le flux de chaleur traversant cette paroi en régime permanent, par unité de temps, par unité de surface et par unité de différence de température entre les ambiances situées de part et d'autre de la paroi.

La valeur U est exprimée W/m²K (watt par mètre carré Kelvin)



Plus U est petit plus la paroi est performante

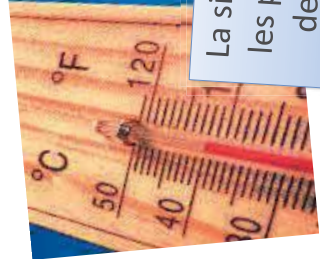


Guy HALLARD – Centre de compétence ConstruForm Hainaut

La PEB impose des niveaux d'isolation

Éléments de construction	U max (W/m².K)
Pertes déduisant le volume protégé	
Tissus et plafonds	0,14
Murs (I)	0,24
Murs (II)	0,14
Planchers (I)	0,14
Portes et parties de garage	
Fenêtres :	
- Essentielles éclairer et ventiler	
- Vitrage simple	
- Vitrage renforcé	
Murs vitrés :	
- Essentielles éclairer et ventiler	
- Vitrage simple	
- Vitrage renforcé	
Pertes (I) non protégées (sur les parties adjointes à un volume protégé)	
- Ensemble éclairer et ventiler	
- Partie transparente uniquement	
(ex : coupe de toit en pignon, etc...)	
Pertes de verre	
Surfaces de verre	2,00
Pertes entre 2 volumes protégés situés sur des parcelles adjacentes (I)	
	1,00
Pertes opposées à l'extérieur du volume protégé ou adjacentes à un volume protégé sur la même parcelle (I)	
	1,00

Avec l'évolution des normes et une diminution constante de la valeur U, on assiste à une **course au lambda**



Confort estival

La simple observation nous révèle que les phénomènes en action durant ces deux saisons sont différents, voire totalement opposés



Confort hivernal



Nécessitent une grande quantité d'énergie pour obtenir un confort hivernal correct. Restent fraîches en été !



Fortement isolées (valeur U faible) Nécessitent peu d'énergie en hiver. En été, de nombreuses de ces habitations nécessitent une climatisation pour atteindre un confort estival acceptable





Les parois retiennent la chaleur en hiver mais la laissent rentrer en été



Les parois laissent sortir la chaleur en hiver, mais ne la laissent pas rentrer en été

Guy HALLARD – Centre de compétence ConstruoForm Hainaut



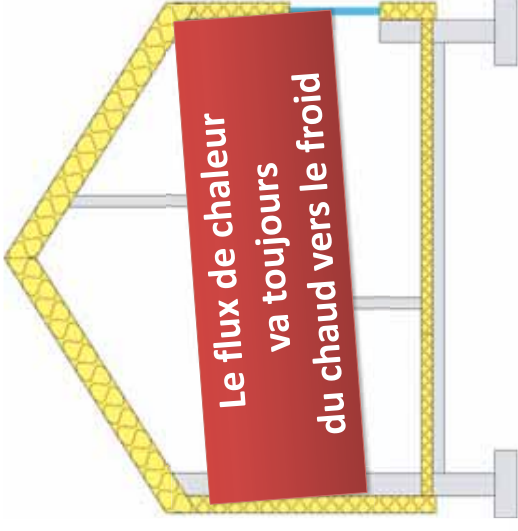
Les parois retiennent la chaleur en hiver mais la ~~laissent rentrer en été~~

ET



~~Les parois laissent sortir la chaleur en hiver, mais ne la laissent pas rentrer en été~~

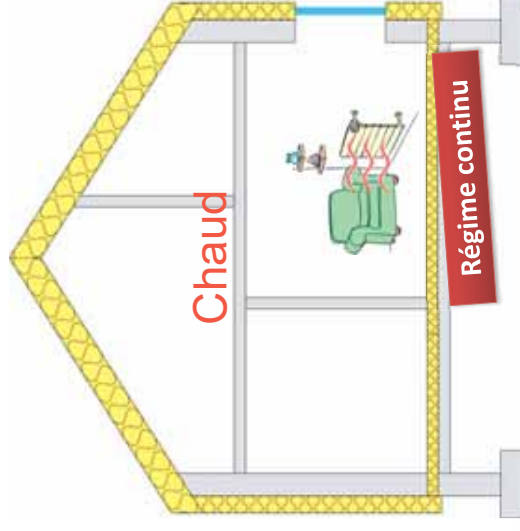
Guy HALLARD – Centre de compétence ConstruoForm Hainaut



Guy HALLARD – Centre de compétence ConstruoForm Hainaut



Hiver



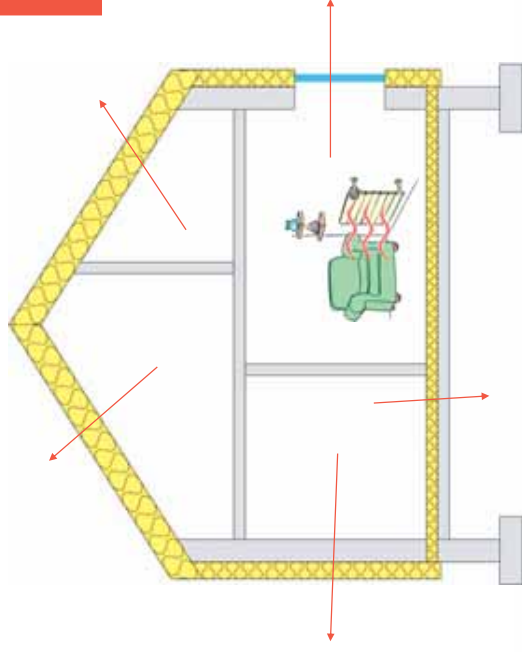
Guy HALLARD – Centre de compétence ConstruoForm Hainaut



Froid

Hiver

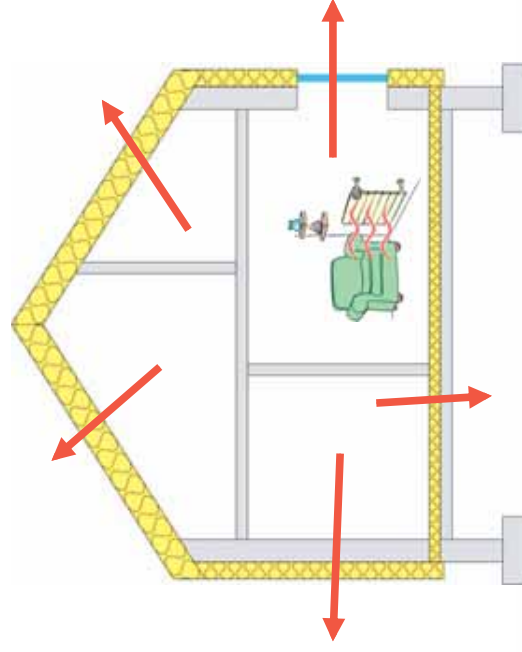
R



Guy HALLARD – Centre de compétence ConstrucForm Hainaut

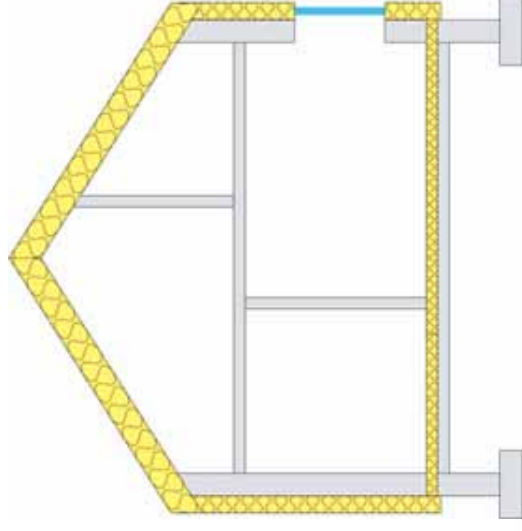
Hiver

R



Guy HALLARD – Centre de compétence ConstrucForm Hainaut

Eté



Guy HALLARD – Centre de compétence ConstrucForm Hainaut

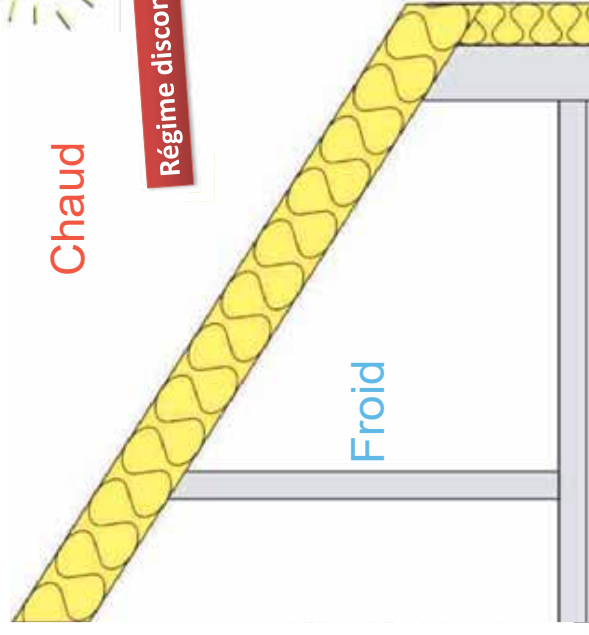
Eté



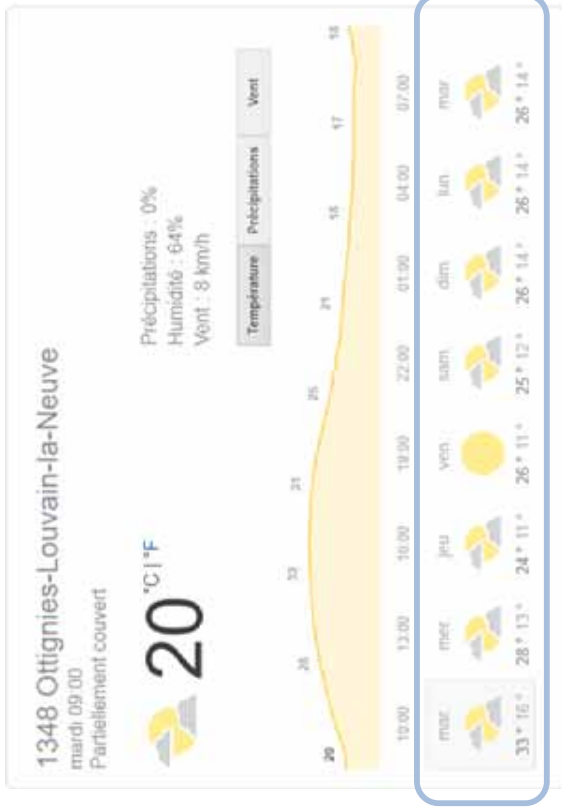
Chaud

Régime discontinu

Froid



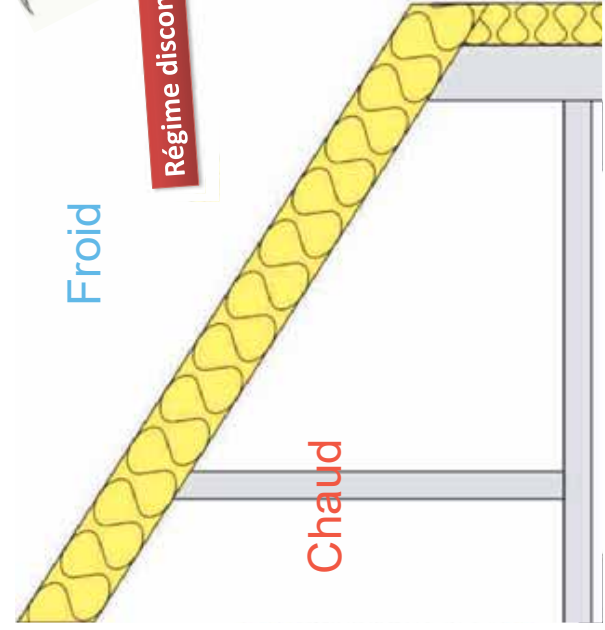
Guy HALLARD – Centre de compétence ConstrucForm Hainaut



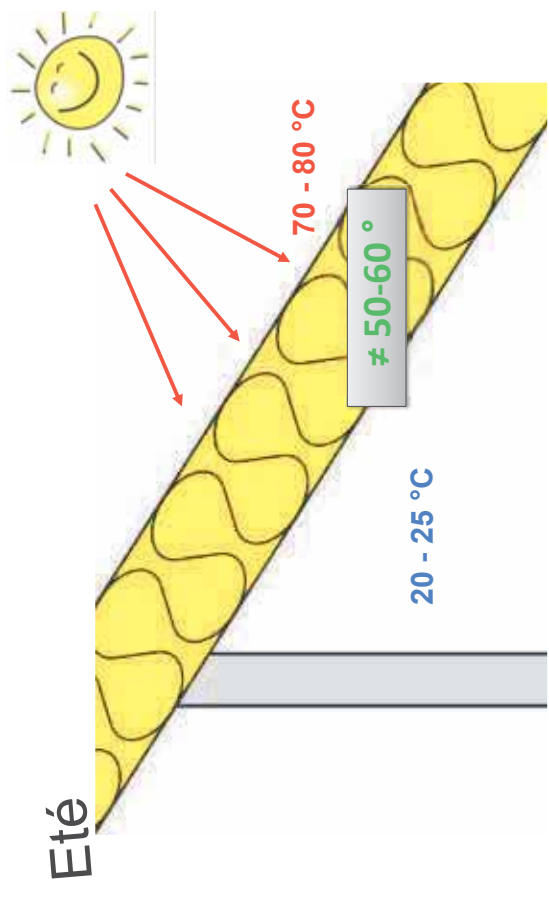
Guy HALLARD – Centre de compétence ConstruForm Hainaut



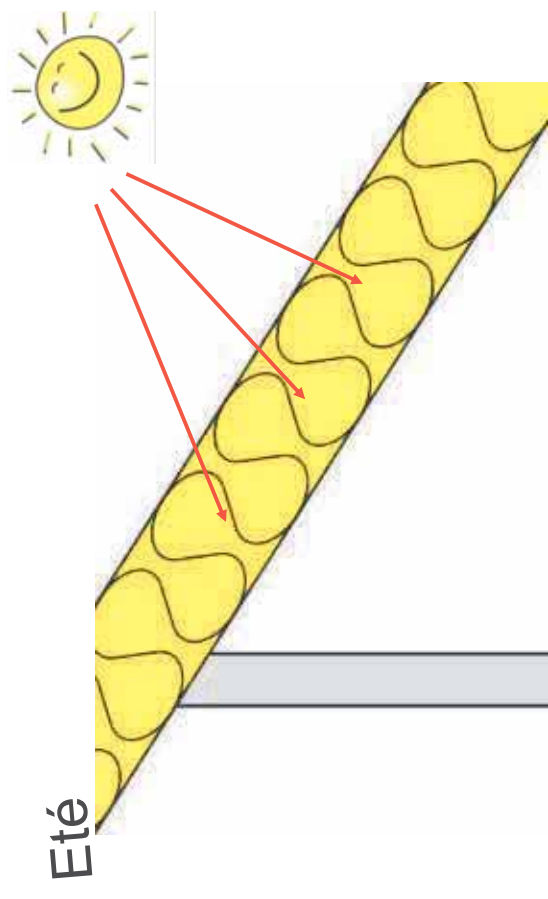
Régime discontinu



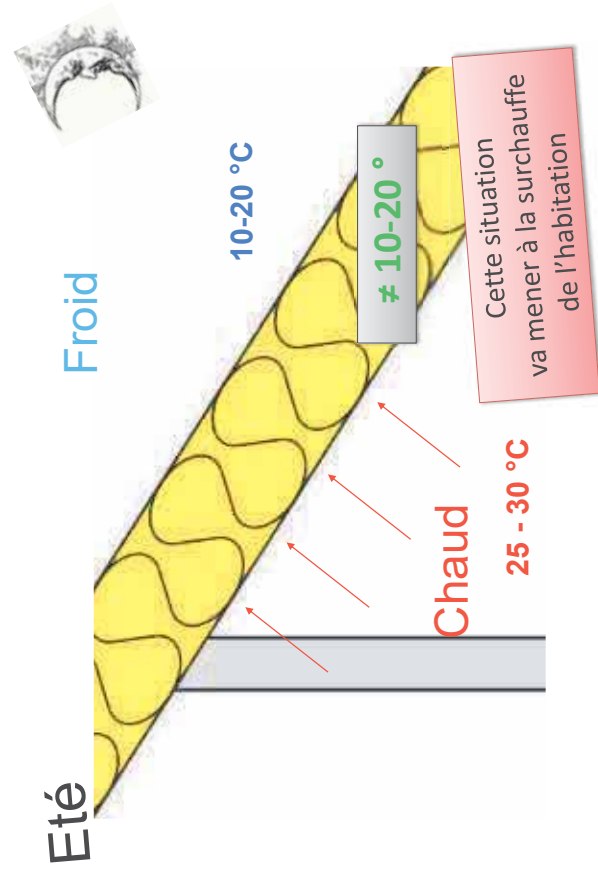
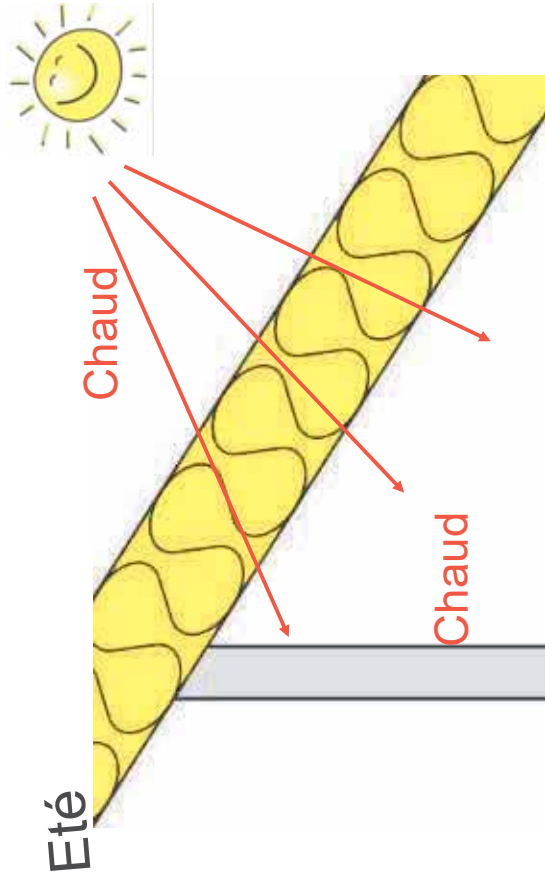
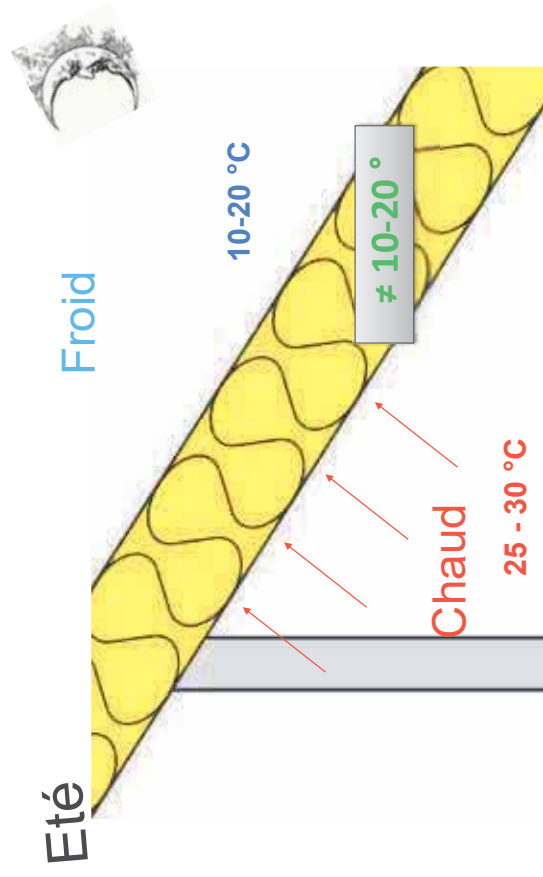
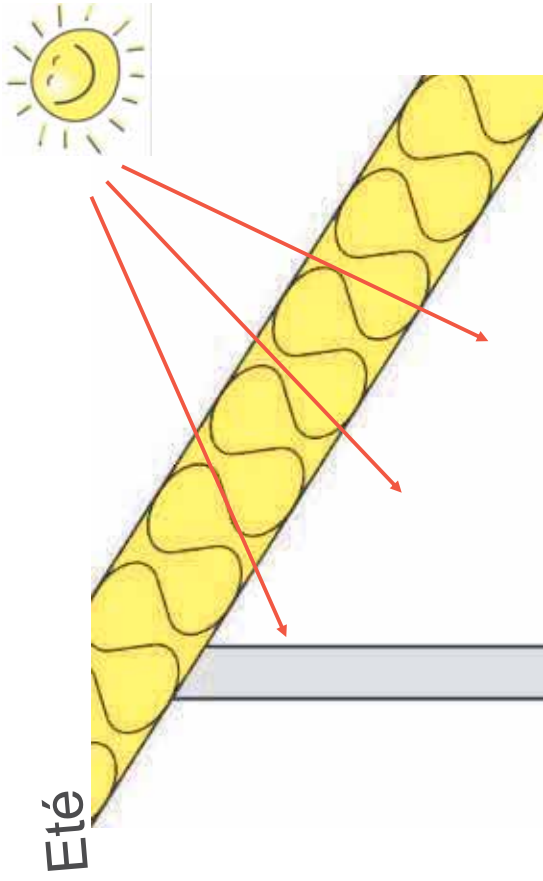
Guy HALLARD – Centre de compétence ConstruForm Hainaut



Guy HALLARD – Centre de compétence ConstruForm Hainaut

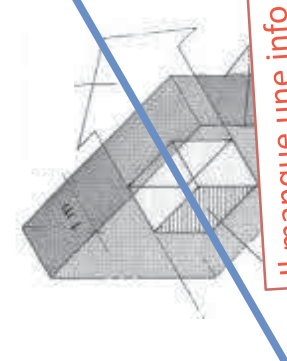


Guy HALLARD – Centre de compétence ConstruForm Hainaut



La conductivité thermique – λ (lambda)

Comment se fait-il qu'un matériau freine fortement le passage de la chaleur dans un sens (de l'intérieur vers l'extérieur, en hiver) et pas dans l'autre (de l'extérieur vers l'intérieur, en été) ?



La valeur lambda d'un matériau quantifie le flux de chaleur qui traverse 1m² sur 1 m d'ép. (Delta de 1°)

Plus λ est petit, le matériau est isolant

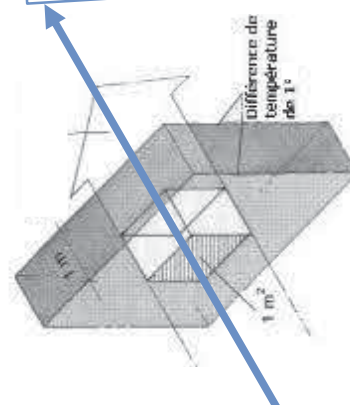
Il manque une info essentielle dans le cadre du confort estival

Un matériau est considéré comme isolant jusqu'à $\lambda = 0,065$

Guy HALLARD – Centre de compétence ConstrufORM Hainaut



La conductivité thermique – λ (lambda)



La valeur lambda d'un matériau quantifie le flux de chaleur qui traverse 1m² sur 1 m d'ép. (Delta de 1°)

Plus λ est petit, plus le matériau est isolant

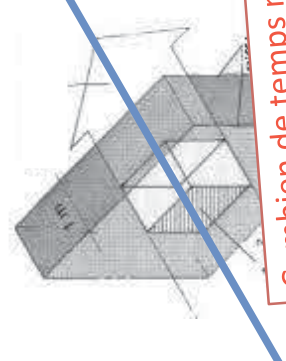
Combien de temps met la chaleur pour passer d'un côté à l'autre ?

Un matériau est considéré comme isolant jusqu'à $\lambda = 0,065$

Guy HALLARD – Centre de compétence ConstrufORM Hainaut



La conductivité thermique – λ (lambda)



La valeur lambda d'un matériau quantifie le flux de chaleur qui traverse 1m² sur 1 m d'ép. (Delta de 1°)

Plus λ est petit, plus le matériau est isolant

Combien de temps met la chaleur pour passer d'un côté à l'autre ?

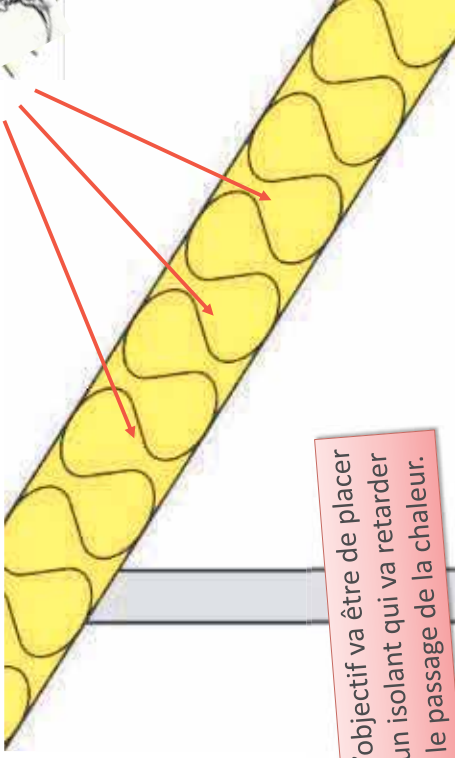
Un matériau est considéré comme isolant jusqu'à $\lambda = 0,065$

Guy HALLARD – Centre de compétence ConstrufORM Hainaut





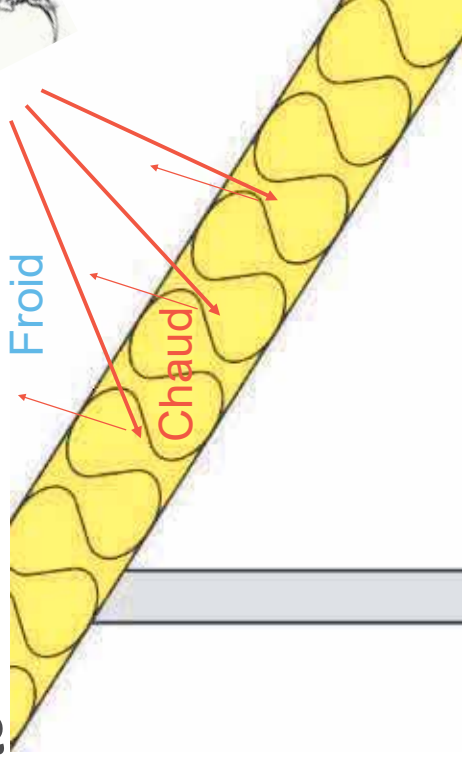
Eté



L'objectif va être de placer un isolant qui va retarder le passage de la chaleur.



Eté



U

Ajoutons-en

R

deux de plus

λ



U

n

éta

α

alpha

R

λ



α

Diffusivité thermique

Guy HALLARD – Centre de compétence ConstrufForm Hainaut



La diffusivité thermique – α – a – D

$$\alpha = \frac{\lambda}{\rho \times C}$$

Valeur lambda du matériau

La diffusivité thermique indique la capacité d'un matériau à transmettre une variation de température

La diffusivité est exprimée en m^2/s (mètre carré par seconde)

Masse volumique du matériau (Kg / m³)

Capacité thermique massique (J.Kg.K)

Chaleur spécifique

Chaleur massique

Guy HALLARD – Centre de compétence ConstrufForm Hainaut



η

Déphasage thermique

Guy HALLARD – Centre de compétence ConstrufForm Hainaut



Le déphasage thermique – η

$$\eta = \frac{0,023 * e}{\sqrt{\alpha}}$$

Le déphasage thermique représente le temps de transfert d'un flux de chaleur à travers le matériau

Le déphasage est exprimé en **heure**

Guy HALLARD – Centre de compétence ConstrufForm Hainaut



Le déphasage thermique – η

Au niveau d'une habitation le déphasage est le décalage temporel entre le pic de température extérieure et le pic de température intérieure

$$\eta = \frac{0,023 * e}{\sqrt{\alpha}}$$

Le déphasage est exprimé en heure



A performance « hivernale » identique, le confort estival est très différent selon la nature de l'isolant ...

Le déphasage thermique – η

Constante à remplacer par 1,38 si C exprimée en W.Kg.K

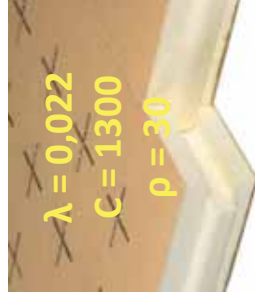
Épaisseur du matériau

$$\eta = \frac{0,023 * e}{\sqrt{\alpha}}$$

$$\frac{\lambda}{\rho * C}$$

Le déphasage thermique représente le temps de transfert d'un flux de chaleur à travers le matériau

Le déphasage est exprimé en heure





5h44
 $\lambda = 0,038$
 $C = 2000$
 $\rho = 50$
158 mm

Quelle épaisseur minimale pour être conforme PEB ?
Quel déphasage donne cette épaisseur ? (pas de RSE, pas de RSI, pas de fraction bois)

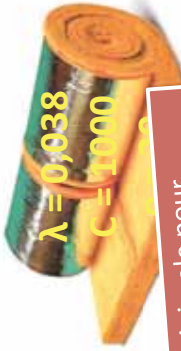


2h48
 $\lambda = 0,022$
 $C = 1300$
 $\rho = 30$
91 mm

Quel déphasage pour cette épaisseur ?



14h35
 $\lambda = 0,046$
 $C = 2100$
 $\rho = 240$
191 mm



2h38
 $\lambda = 0,038$
 $C = 1000$
 $\rho = 50$
158 mm



14h35
 $\lambda = 0,046$
 $C = 2100$
 $\rho = 240$
191 mm



5h44
 $\lambda = 0,038$
 $C = 2000$
 $\rho = 50$
158 mm

Quelle épaisseur pour PEB conforme ?



2h48
 $\lambda = 0,022$
 $C = 1300$
 $\rho = 30$
91 mm



14h35
 $\lambda = 0,046$
 $C = 2100$
 $\rho = 240$
191 mm

La solution optimale supposera souvent de combiner des isolants ...



2h38
 $\lambda = 0,038$
 $C = 1000$
 $\rho = 50$
158 mm

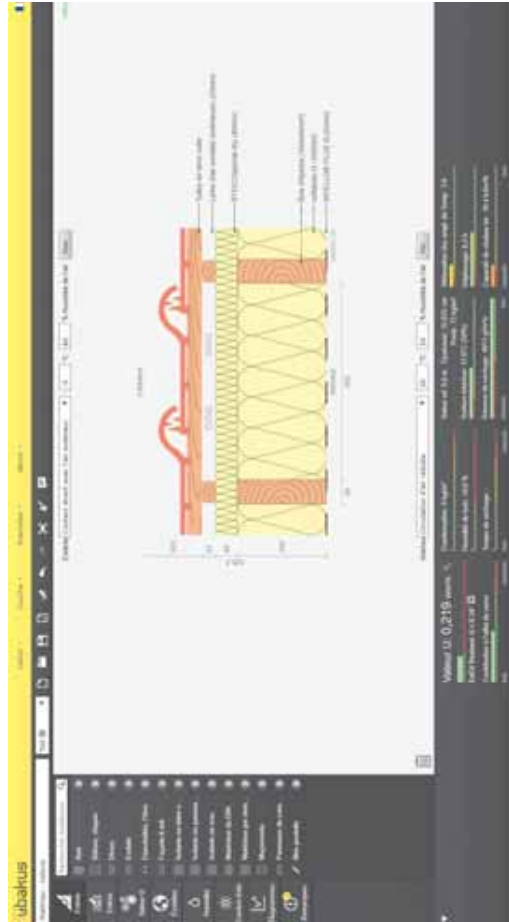




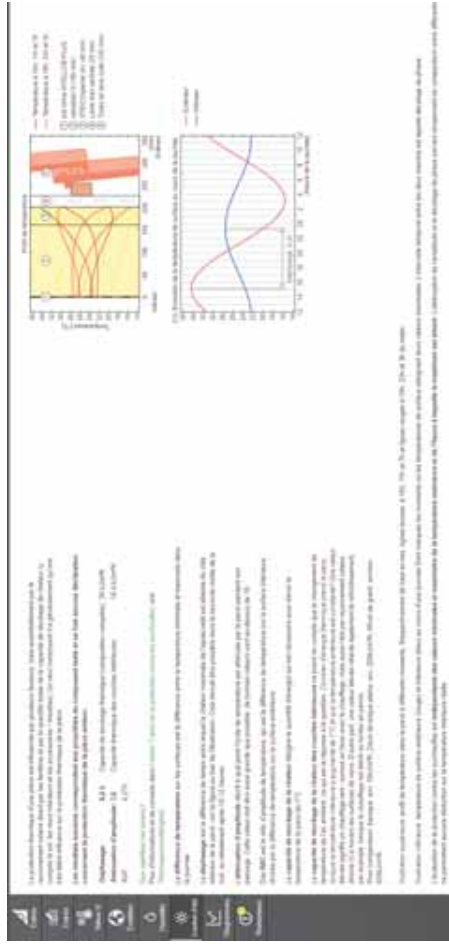
Guy HALLARD – Centre de compétence ConstruForm Hainaut



Guy HALLARD – Centre de compétence ConstruForm Hainaut



Guy HALLARD – Centre de compétence ConstruForm Hainaut

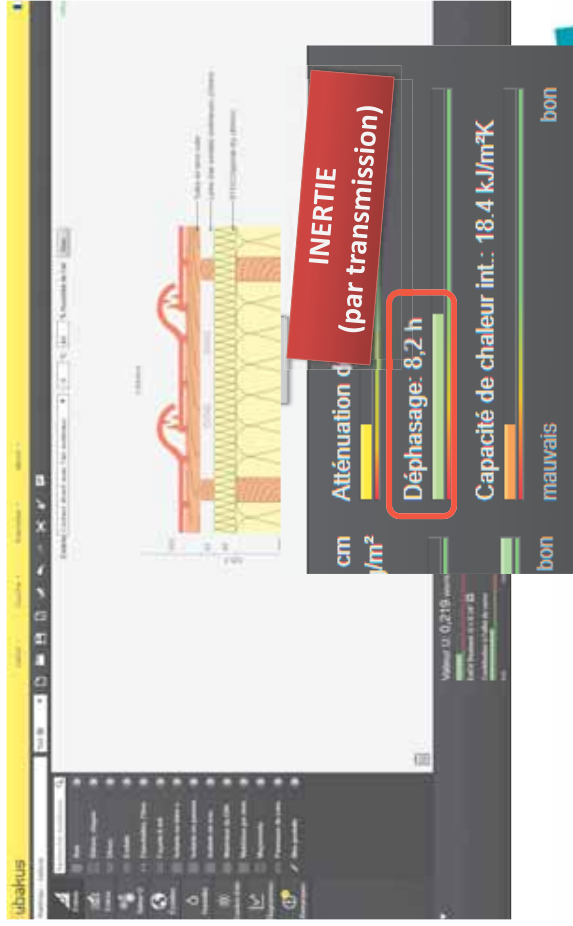


Guy HALLARD – Centre de compétence ConstruForm Hainaut

U n α R λ E



Guy HALLARD – Centre de compétence ConstruForm Hainaut



Guy HALLARD – Centre de compétence ConstruForm Hainaut



Guy HALLARD – Centre de compétence ConstruForm Hainaut

E

Effusivité



Guy HALLARD – Centre de compétence ConstruForm Hainaut

$$E = \sqrt{(\lambda * \rho * C)}$$

$$J/m^2.k.s^{1/2}$$

Absorbe de l'énergie sans se réchauffer notablement

Plus E est élevée, plus le matériau est à même de jouer le rôle d'éponge thermique (tampon thermique)

Exemple :

Température face extérieure

20° → 50° (Δ=30)

Température face intérieure

21° → 24° (Δ = 3)

$$30/3 = 10$$

$$\frac{\Delta T \text{ ext.}}{\Delta T \text{ int.}}$$

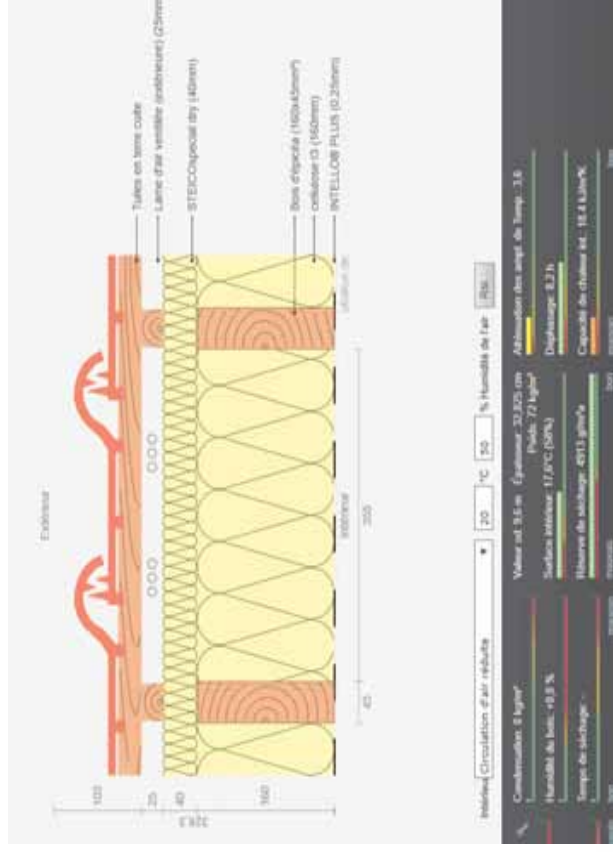
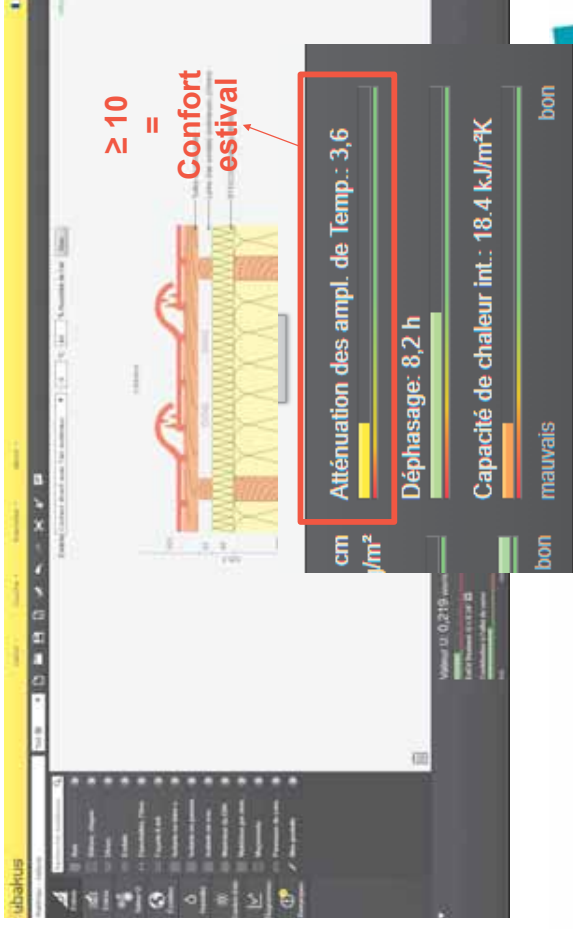
Atténuation des ampl. de Temp.: 3,6

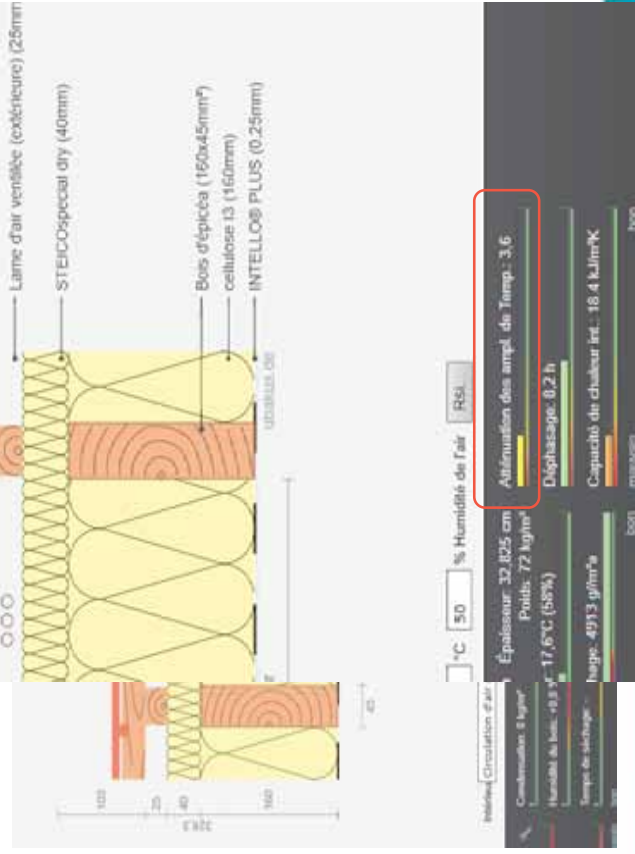
Déphasage: 8,2 h

Capacité de chaleur int.: 18.4 kJ/m²K

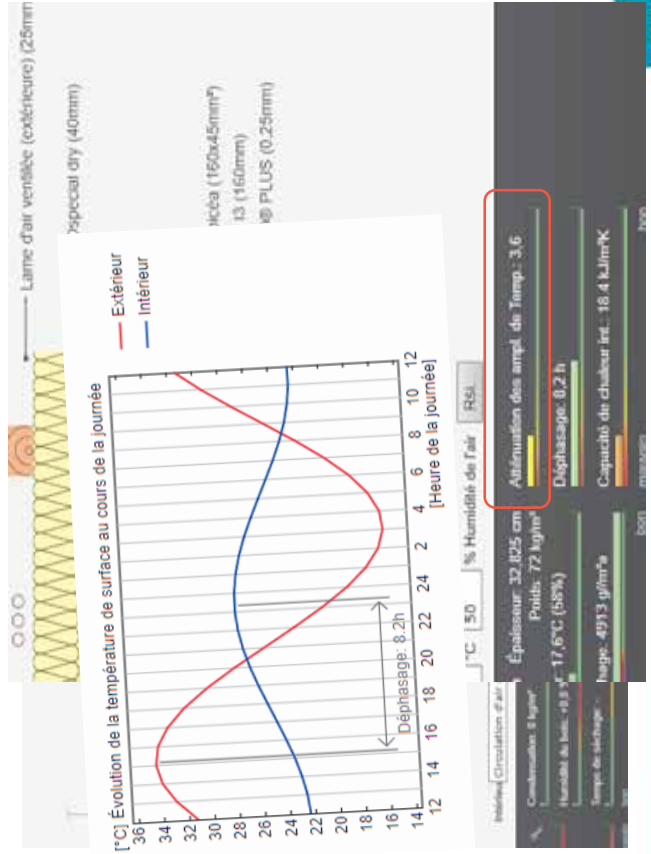
mauvais

bon

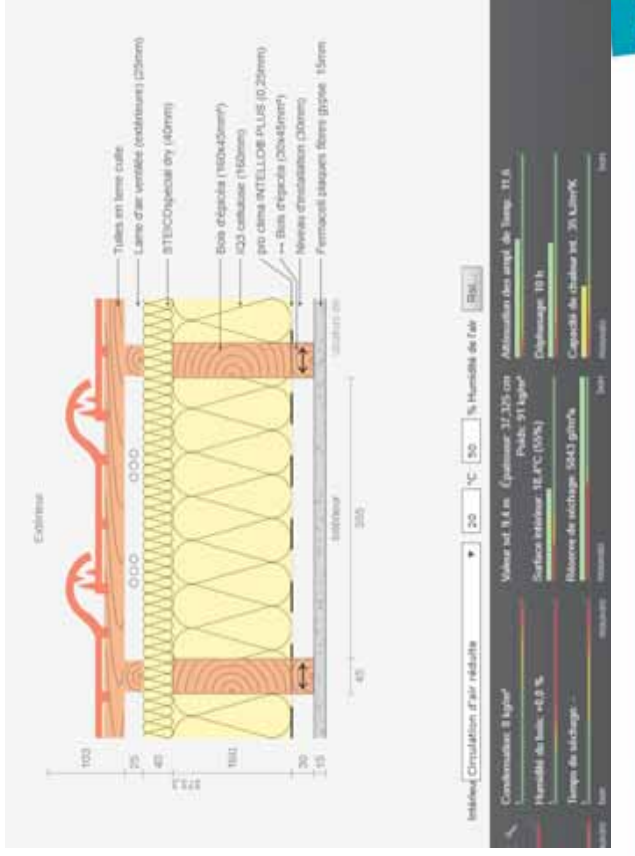




Guy HALLARD – Centre de compétence ConstruoForm Hainaut



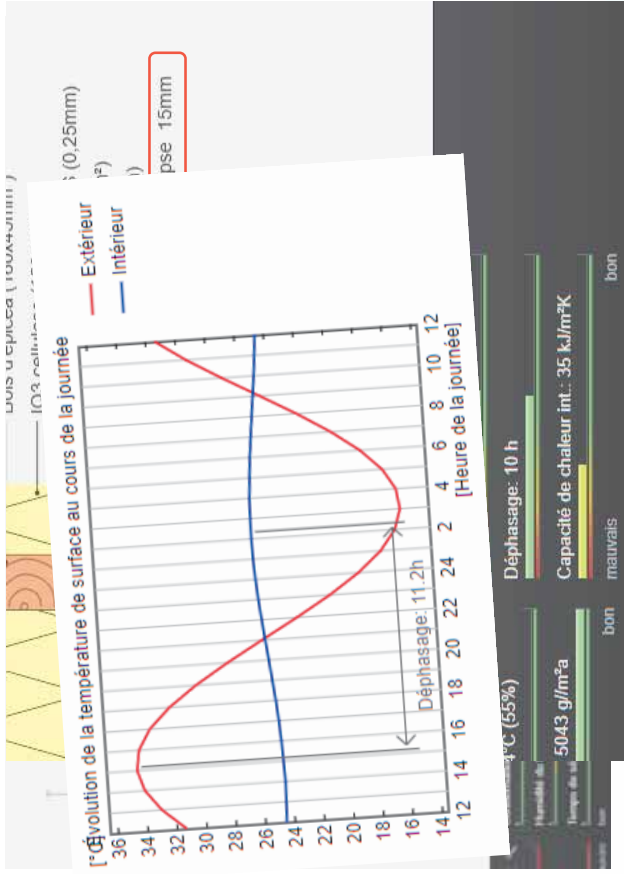
Guy HALLARD – Centre de compétence ConstruoForm Hainaut



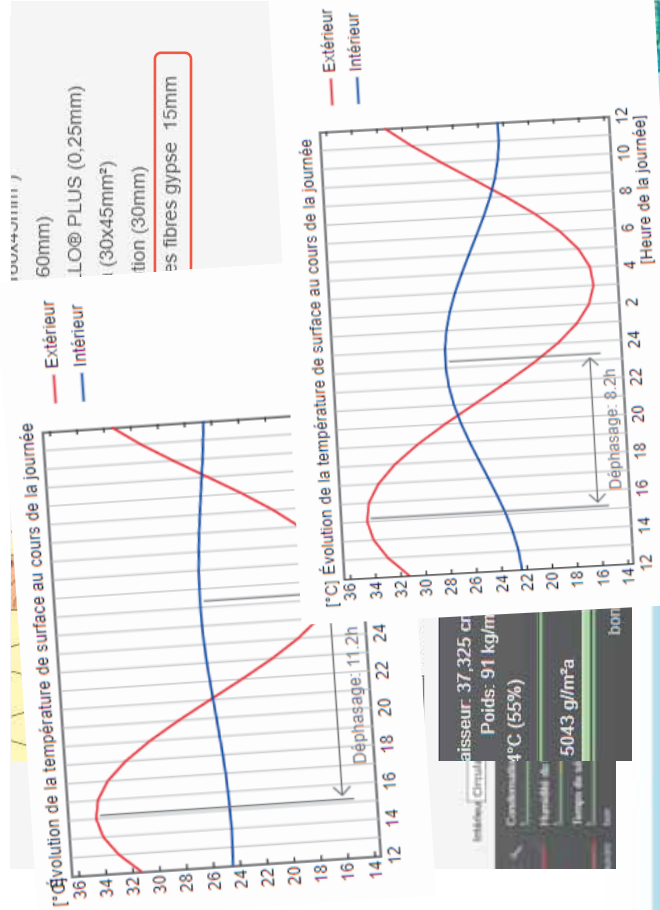
Guy HALLARD – Centre de compétence ConstruoForm Hainaut



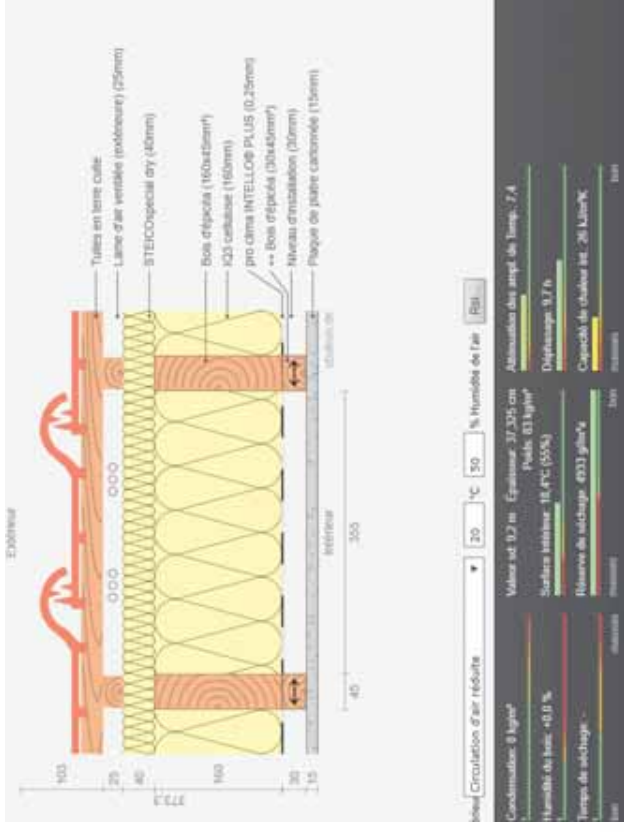
Guy HALLARD – Centre de compétence ConstruoForm Hainaut



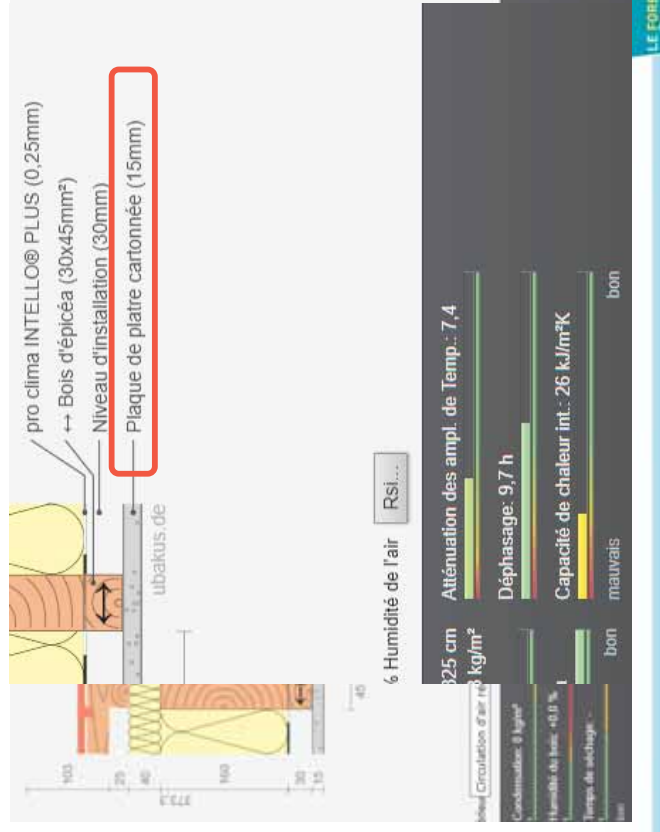
Guy HALLARD – Centre de compétence ConstruoForm Hainaut



Guy HALLARD – Centre de compétence ConstruoForm Hainaut



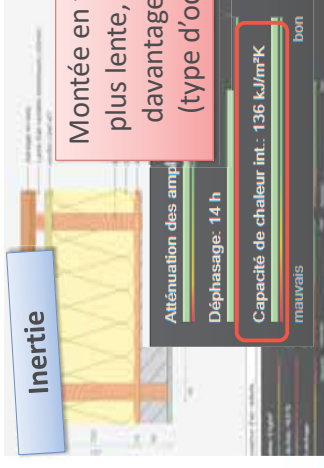
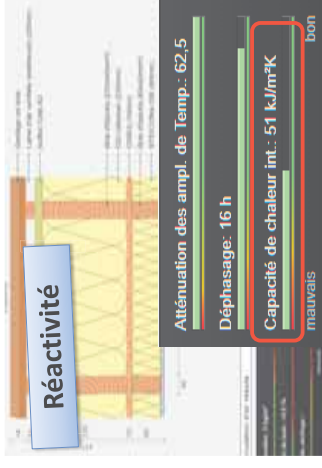
Guy HALLARD – Centre de compétence ConstruoForm Hainaut



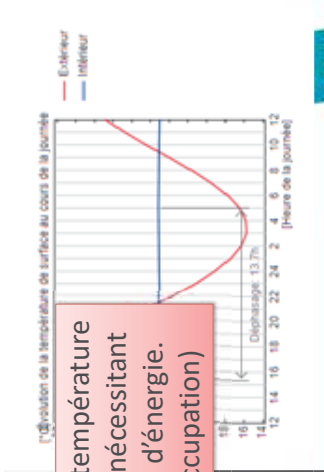
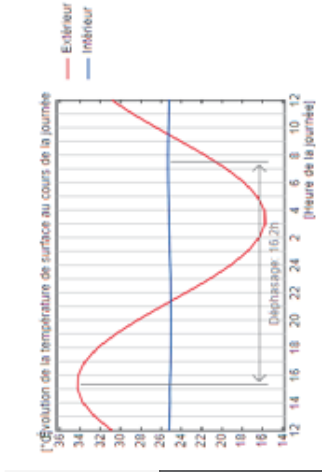
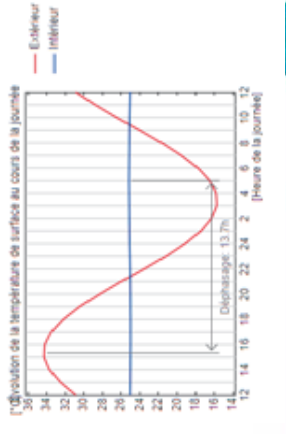
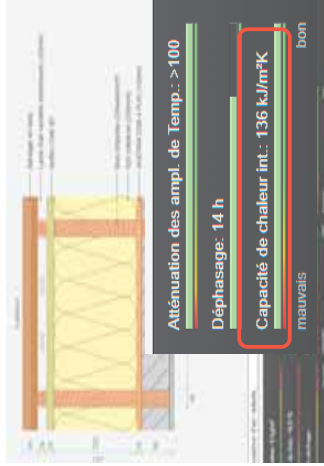
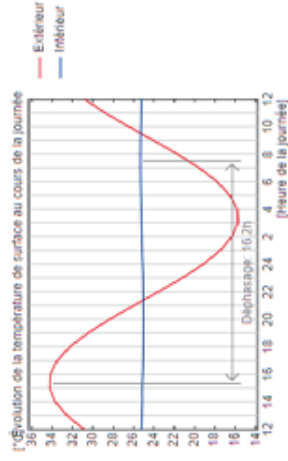
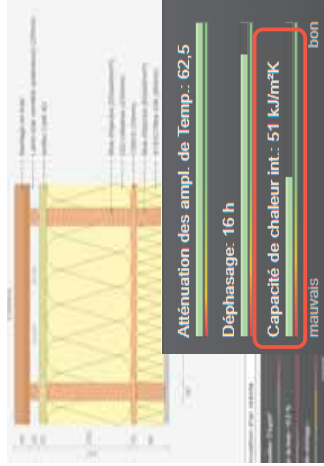
Guy HALLARD – Centre de compétence ConstruoForm Hainaut

Attention à ne pas perdre de vue le confort hivernal ...

L'inertie par absorption est une lame à double tranchant !



Montée en température plus lente, nécessitant davantage d'énergie. (type d'occupation)



Jusque 200 X plus d'énergie



Jusqu'à 30%
Transmission lumineuse
= Équilibre été/hiver

Facteur solaire (g)
= Confort d'été

Valeur Ug = Confort d'hiver

Données photométriques:

Produit	TL/TA	RL/RA(R)	RI/RI(M)	TE/D(ET)	REF/ER	AE/EA	FSZTA(g)	Ug (W/m²K)
Opti® 4-16-4-16-4	74	16	97	47	33	21	53	0,6
Ultra® 4-16-4-16-4	66	22	95	34	41	25	41	0,5
E-Green 4-16-4-16-4	74	17	95	54	26	NPD	63	0,7
Sprimilight 70/37 6-16-4-16-4	65	15	94	32	31	31	35	0,6
Sprimilight SNX60 6-16-4-16-4	54	15	92	24	39	37	27	0,5
Sprimilight 51/28 6-16-4-16-4	46	14	92	23	38	40	25	0,5
Sprimilight 43/25 6-16-4-16-4	40	48	NPD	95	21	50	24	0,6
Sprimilight 25/17 6-16-4-16-4	23	64	34	96	13	65	20	0,6

Guy HALLARD – Centre de compétence ConstruoForm Hainaut



Guy HALLARD – Centre de compétence ConstruoForm Hainaut

Le confort estival est un fragile équilibre à trouver entre composition des parois, ouvertures vitrées et tout autre paramètre lié à la situation particulière de l'habitation ou aux caractéristiques de l'occupation.

Au-delà d'une conception efficace des parois, il faudra affiner le travail par le recours à diverses stratégies :

- occultation (screen ou végétation à feuilles caduques)
- ventilation associée à un puit canadien
- orientation et localisation
- végétalisation toiture, lestage

...

Guy HALLARD – Centre de compétence ConstruoForm Hainaut



Guy HALLARD – Centre de compétence ConstruoForm Hainaut



Merci pour
votre attention !