



passibat'

LE SALON DU BÂTIMENT BIOCLIMATIQUE  
ET DE LA SOBRIÉTÉ ÉNERGÉTIQUE

# Inertie, masse thermique et confort d'été sans clim

---

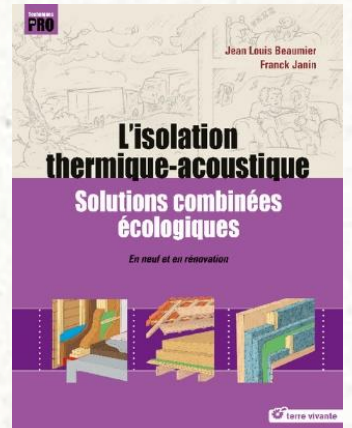
Franck JANIN 

## Franck JANIN

- Bureau d'étude thermique , crée en 2007 (69) et Jura (39) depuis 2018
- 4 personnes dont 4 CEPH
- Spécialisé en passif et matériaux biosourcés (bois, terre, paille)
- 30 bâtiments passifs labellisés
- Formateur Passif PHPP, confort d'été, ponts thermiques, DesignPh ...
- Auto constructeur maison passive en paille (débutée en 2011)

## Un matin, en buvant mon café

- Je me suis aperçu que je ne savais pas répondre clairement à la question :
  - Faut-il un matériau à forte ou à faible diffusivité pour stocker de la chaleur ?
- Puis j'ai fait une STD qui montrait un gain de confort avec un déphasage de 12h au plafond (au lieu de 5), alors que je ne crois pas aux vertus du déphasage



# SOMMAIRE

## 1. Rappel de quelques notions

- a. Inertie
- b. Déphasage
- c. Capacité calorifique – masse thermique

## 2. Stratégie de confort d'été en passif

- a. La maison passive en été
- b. Stratégie

## 3. Quelle quantité de masse ? Modèle $\tau = RC$

- a. Pourquoi les bâtiments passifs sont-ils en majorité confortables en été ?
- b. Constante de temps  $\tau = RC$
- c. Sous-titre

## 4. Matériaux et disposition des masses thermiques

- a. Effusivité diffusivité
- b. Conseils pour les masses thermiques

1

# Rappels de quelques notions

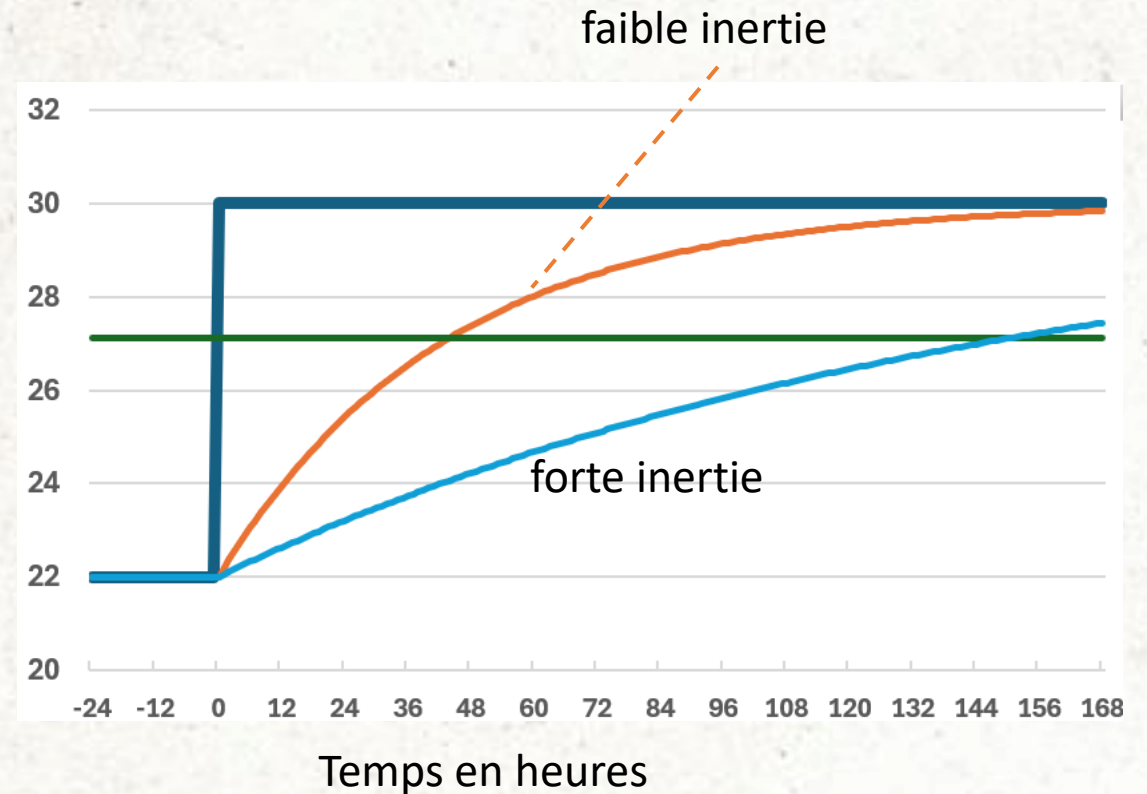
## Inertie

C'est un comportement : une maison ou

- la température intérieure varie lentement
- alors que la température extérieure varie vite.

### Exemple

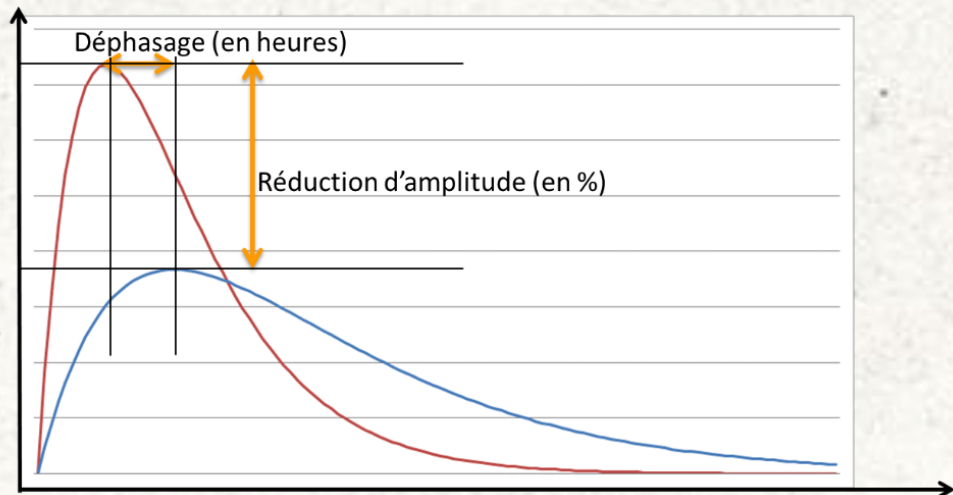
- Courbe bleu sombre : Température extérieure
- Courbe rouge : maison à faible inertie
- Courbe bleu clair : maison à forte inertie



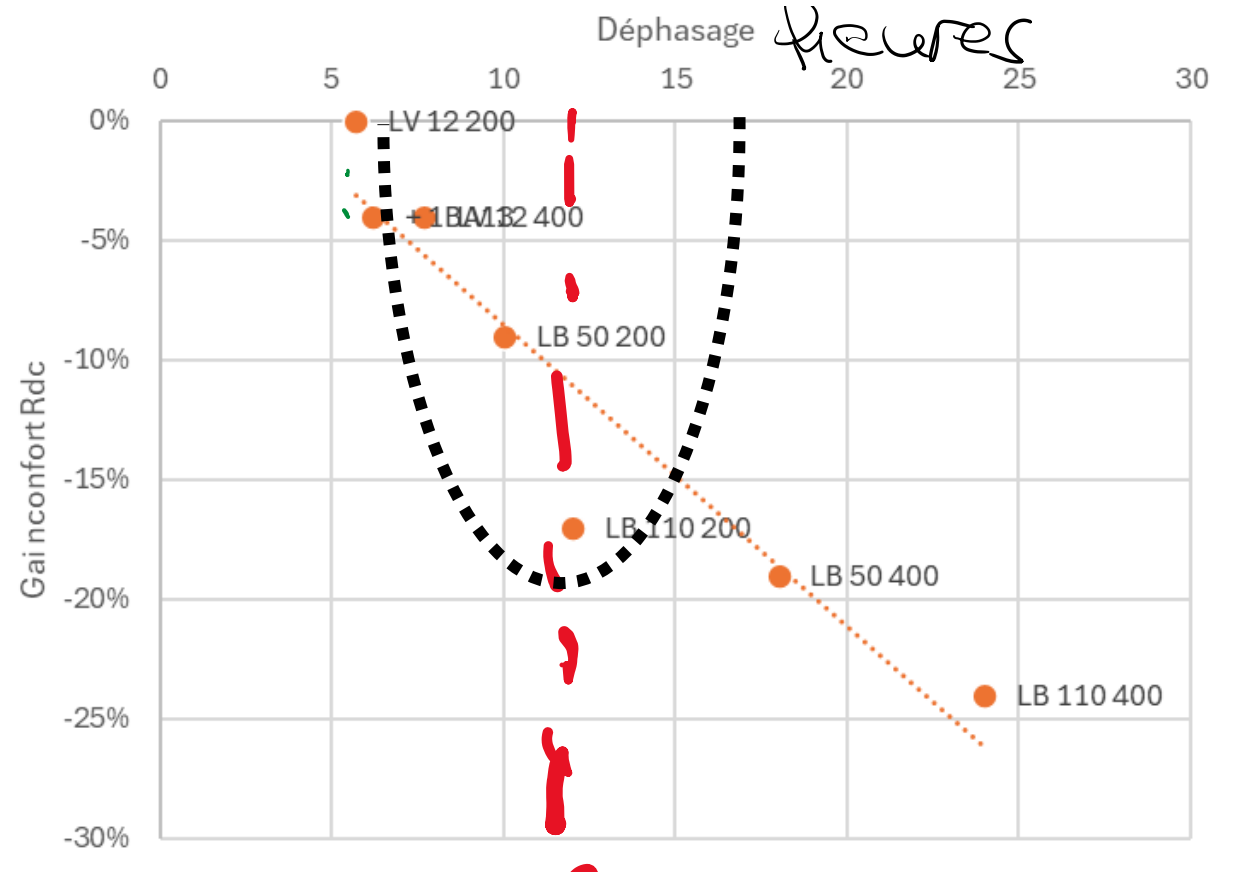
## Déphasage

C'est le retard en heures de l'onde de chaleur coté intérieur (par rapport au pic de T° extérieure)

Un déphasage de 12 heures serait « idéal ».  
 Pour un pic de T° extérieure à 5 h de l'après midi  
 L'onde de chaleur arriverait à 5 h du matin



## Graphique déphasage (X) et gain confort (Y) Plancher haut léger, sous combles perdus



12h

Epaisseur en combles perdus sur un BA13

LB 110 400 : Laine de bois 110 kg/m<sup>3</sup> 400 mm

LV 12 200 : Laine de verre 12 kg/m<sup>3</sup> 200 mm

## Capacité calorifique

- Capacité de chaleur stockable
  - dans un matériau Wh/kg.K ou J/kg.K
  - dans un élément Wh/K

## Masse thermique

- C'est la masse que l'on va utiliser pour stocker de la chaleur et augmenter l'inertie

### Exemple

- 200 m<sup>2</sup> mur paille avec 5 cm d'enduit en terre-crue (intérieur)
- 200 m<sup>2</sup> \* 0.05 m = 10 m<sup>3</sup> – 2000 kg/m<sup>3</sup> dont 20 000 kg
- Masse \* Capacité calorifique
- 20 000 \* 0.28 Wh/kg.K = 5 600 Wh/K = 5.6 kWh/K

## En passif, utiliser la capacité calorifique vue de l'intérieur

- Capacité de chaleur stockable depuis l'intérieur
- On tient compte de la température du matériau, du sens du flux
- Une ITI empêchera le stockage de chaleur dans le porteur

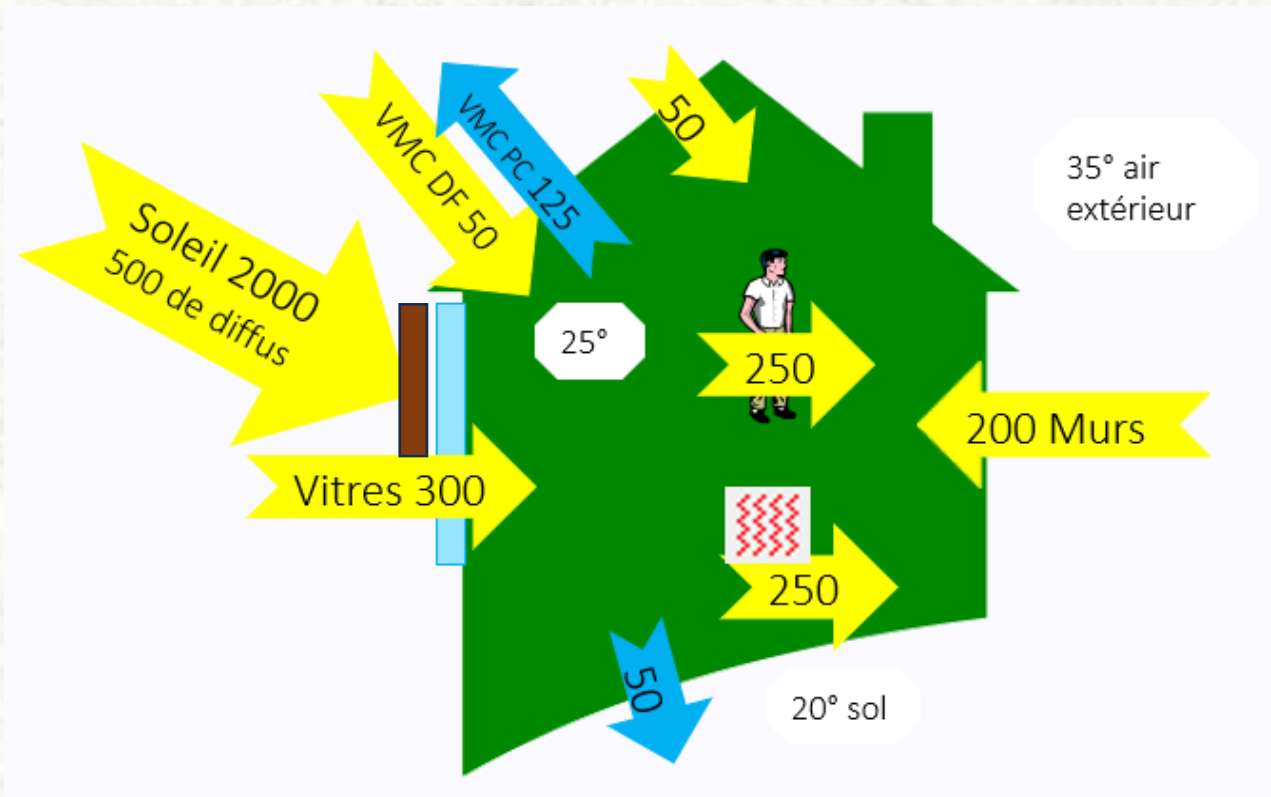
Matériau	Masse volumique (kg/m <sup>3</sup> )	Capacité thermique massique Cm (Wh/kg.°C)	Capacité thermique volumique Cv (Wh/m <sup>3</sup> .°C)
Eau à 20°C	998	1,16	1160
Acier	7800	0,13	975
Béton lourd	2300	0,26	589
Granit	2700	0,21	564
Carrelage	2300	0,19	446
Bois lourd	650	0,67	434
Botte de paille	100	0,39	39
Béton cellulaire	400	0,24	98
Laine de bois	50	0,58	29
Laine de verre	12	0,23	3
Air	1	0,28	0



2

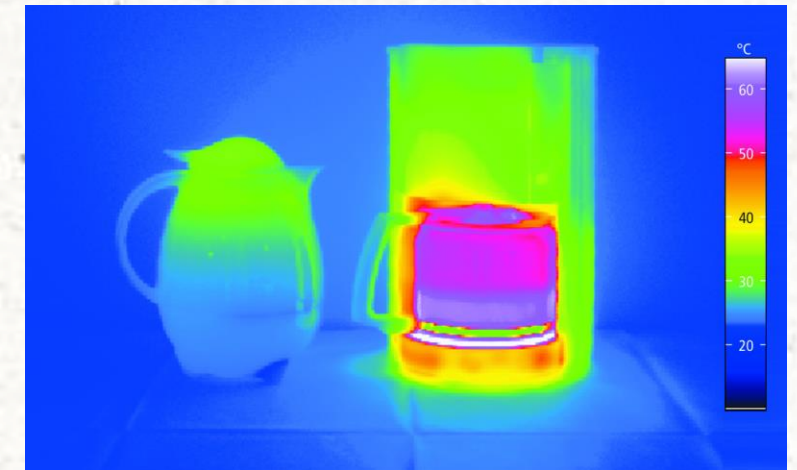
# Stratégie de confort d'été en passif (En logement)

## Le bâtiment passif en été (logement)



Exemple de flux de chaleur en Watt  
 (Jaune : apport, Bleu : déperdition de chaleur)

- Récupération de fraîcheur par la VMC DF ou CTA
- Thermos qui peut garder le froid ou le chaud, empêchant la chaleur de rentrer en été



## Stratégies

Si les solutions sont souvent connues, qu'est ce qui est prioritaire ?

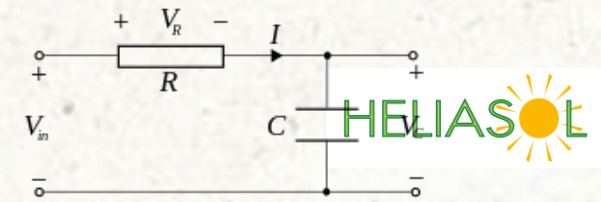
### Les 5 commandements en solution « passives »

1. Réduction des apports solaires
2. Excellente enveloppe (Isolation et ventilation double flux)
3. Réduction des apports internes
4. Inertie par ajout de masse
5. Ventilation nocturne

Et installation de brasseurs d'air

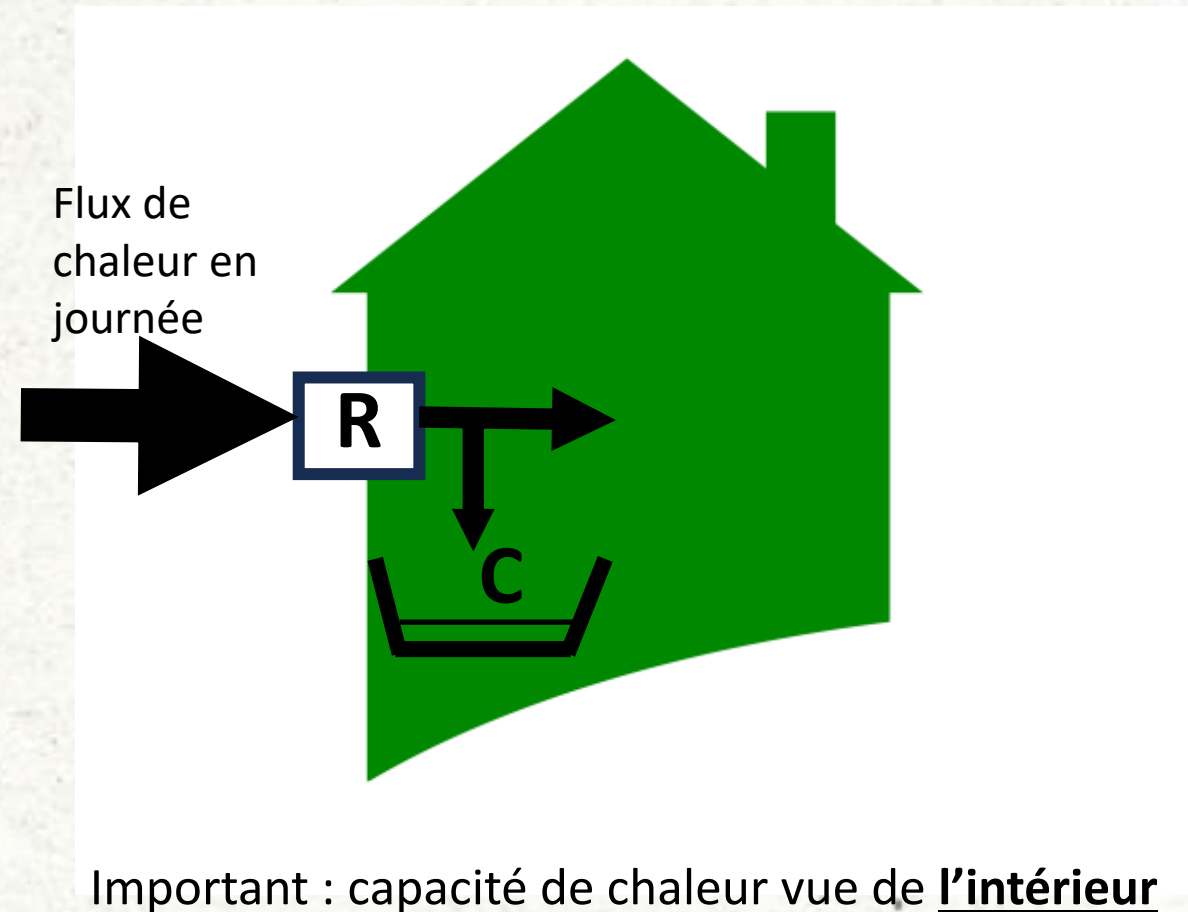
**3**

**Quelle quantité de masse ?**  
**Modèle  $\tau = RC$**



## Pourquoi les bâtiments passifs sont-ils en majorité confortables en été ?

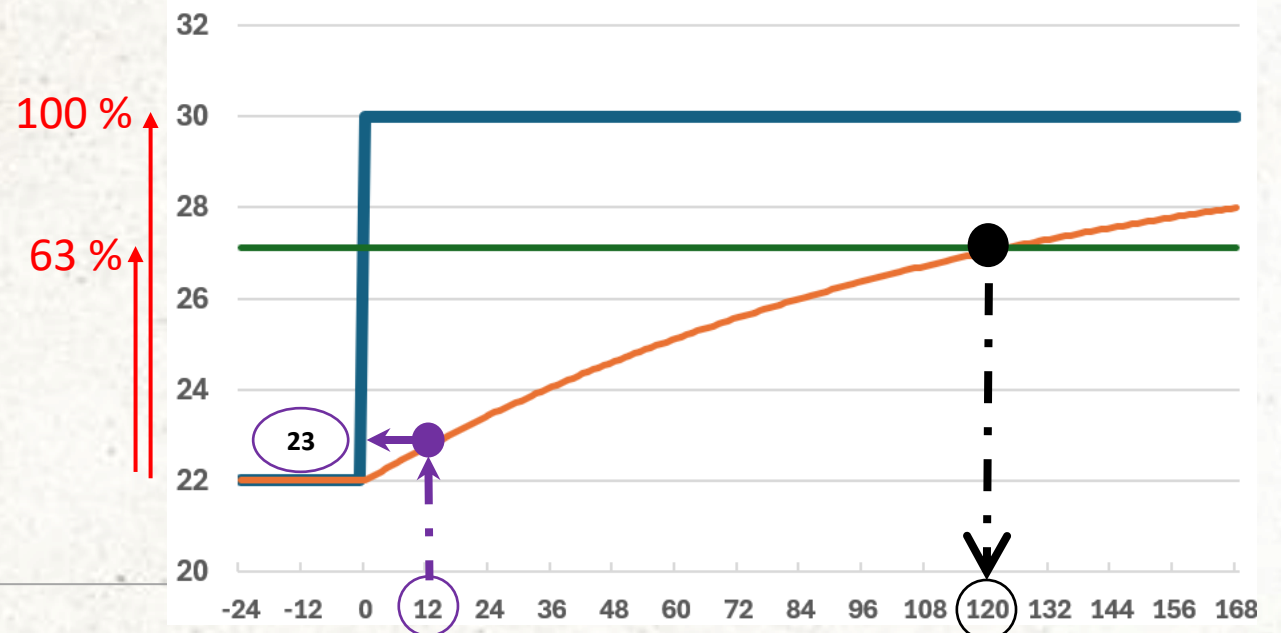
- La chaleur rentre moins (R résistance thermique 2 fois plus élevée)
- D'où moindre besoin de capacité thermique C pour stocker cette chaleur
- Analogie avec le système électrique RC (résistance condensateur)
- Inertie liée à la constante de temps :  $\tau = RC$
- Et si l'on a stocké 2 fois moins de chaleur ?
  - La ventilation naturelle nocturne sera plus facile



## Pourquoi les bâtiments passifs sont-ils en majorité confortables en été ?

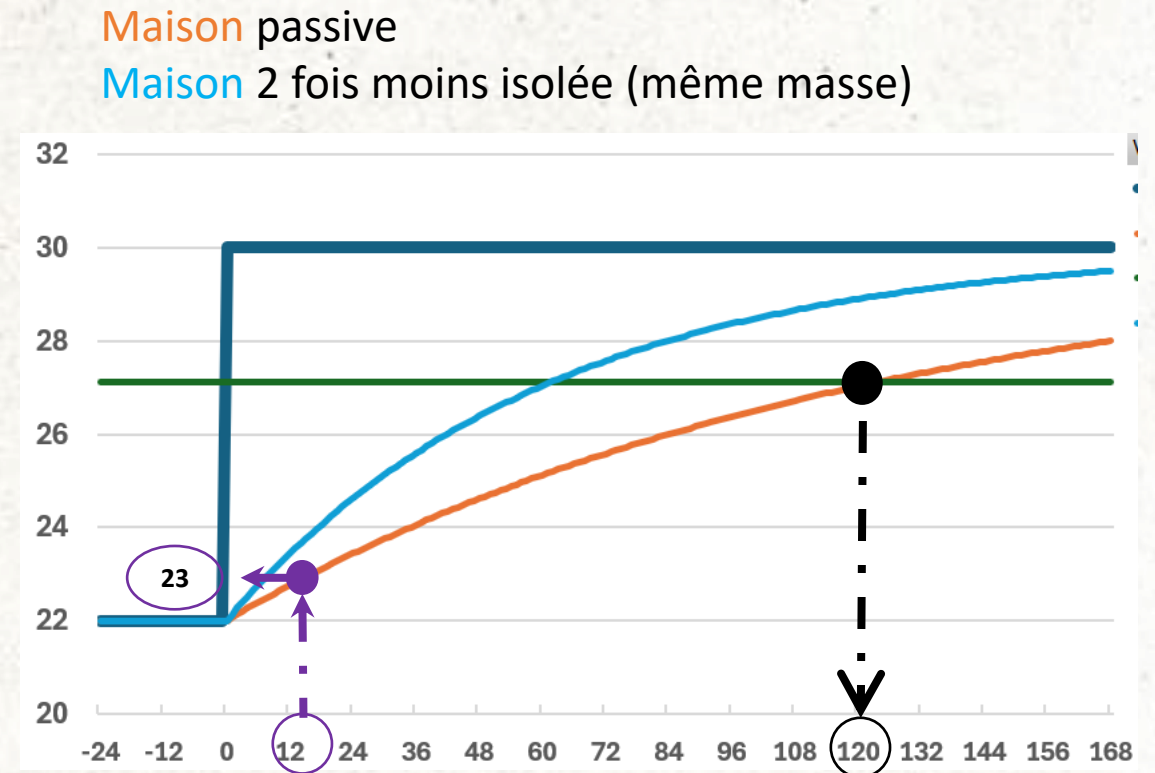
- Maison passive « légère » 1 seule paroi lourde (plancher bas avec chape et carrelage par exemple, MOB pour le reste)
- Constante de temps :  $\tau = RC = 120$  heures (soit 5 jours)
- Si 22°C intérieur (orange) et extérieur (bleue)
- T extérieure  $\rightarrow 30^\circ$  à  $t = 0$  heures
- Au bout de 12 heures, élévation de température de 1°C
  - NB: sans apport internes ni solaires

- T intérieure = 27° à  $t = \tau$  heures
  - Si  $t = \tau$ ,  $e^{-t/\tau} = e^{-1} = 0.63 = 63\%$



## Maison passive et non passive (2 fois moins isolée)

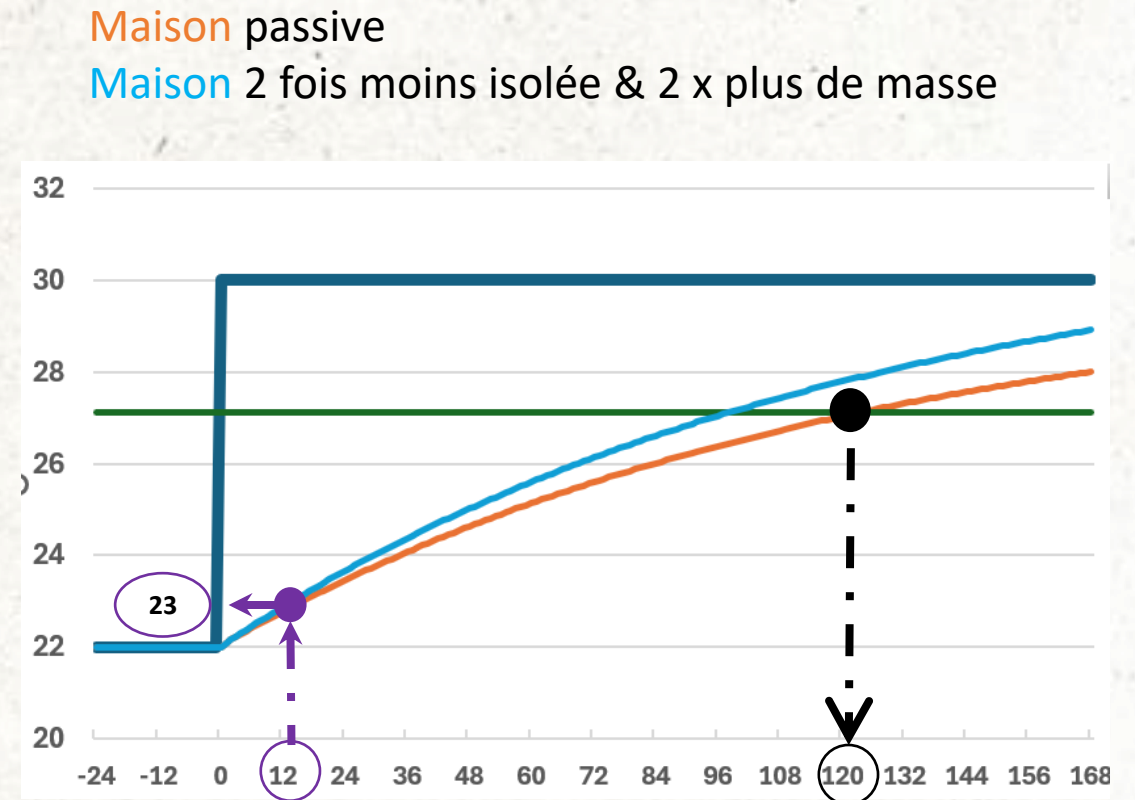
- T intérieure = 27° à t =  $\tau$  heures
- Orange :
  - R = 4 m<sup>2</sup>.K/W
  - C = 84 Wh/m<sup>2</sup><sub>SRE</sub>.K
- Bleu :
  - R = 2 m<sup>2</sup>.K/W
  - C = 84 Wh/ m<sup>2</sup><sub>SRE</sub>.K
- R : résistance moyenne incluant aussi vitrages,  $\Psi$ , VMC
- C : capacité thermique surfacique
  - PHPP 9 : Vérifications!K29
- $\tau$  Tau : constante de temps
  - PHPP 9 : Chauffage!R117



## Comparaison avec ajouts des apports internes et compensation de la moindre isolation par plus de masse thermique

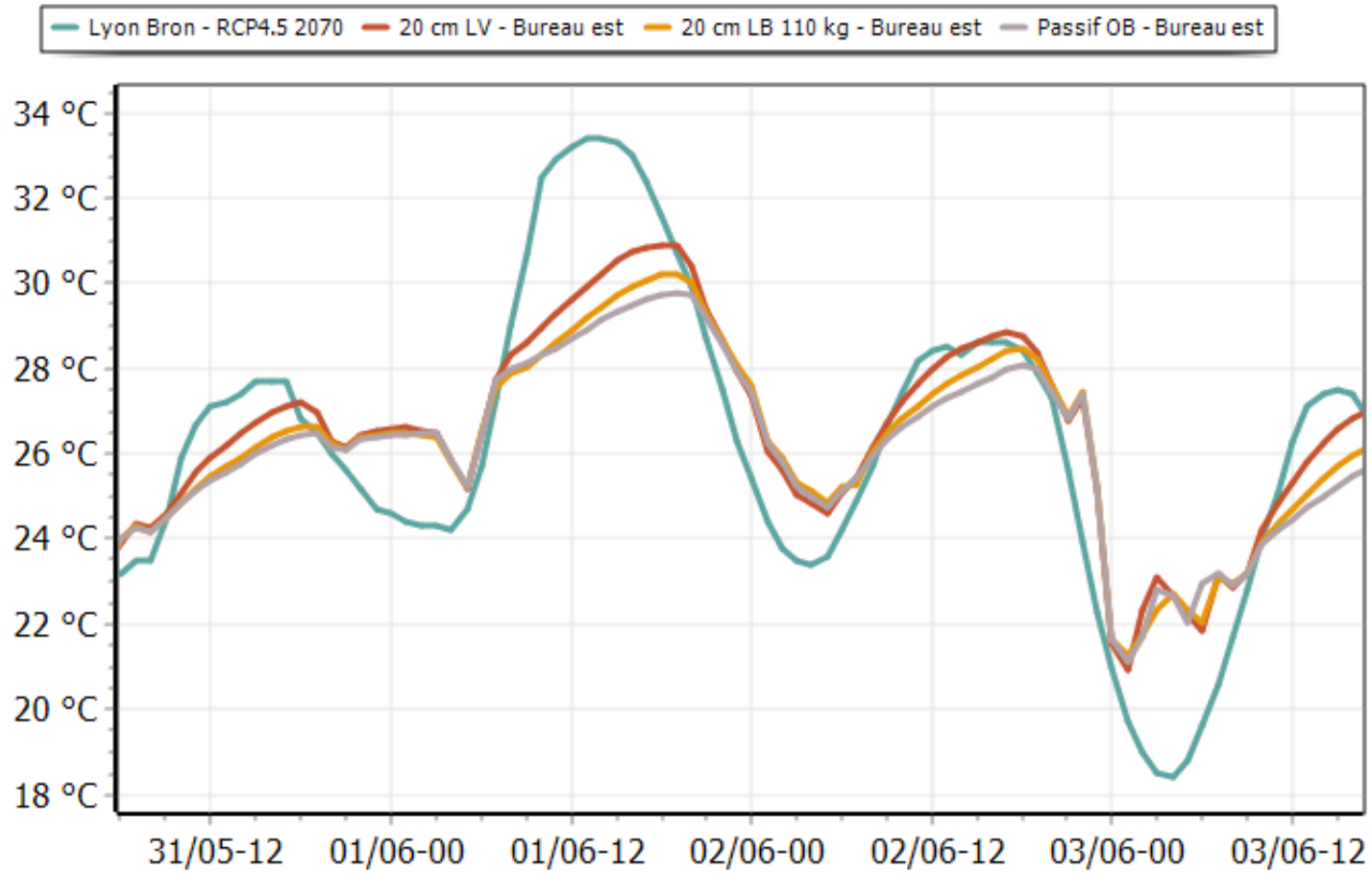
- T intérieure = 27°
- Orange :
  - R = 4 m<sup>2</sup>.K/W
  - C = 84 Wh/m<sup>2</sup><sub>SRE</sub>.K
- Bleu :
  - R = 2 m<sup>2</sup>.K/W
  - C = 168 Wh/ m<sup>2</sup><sub>SRE</sub>.K
- Apports : 150 W (internes, solaires)
- La maison avec 2 fois + de masse peine à stocker la chaleur assez vite


Inchangé





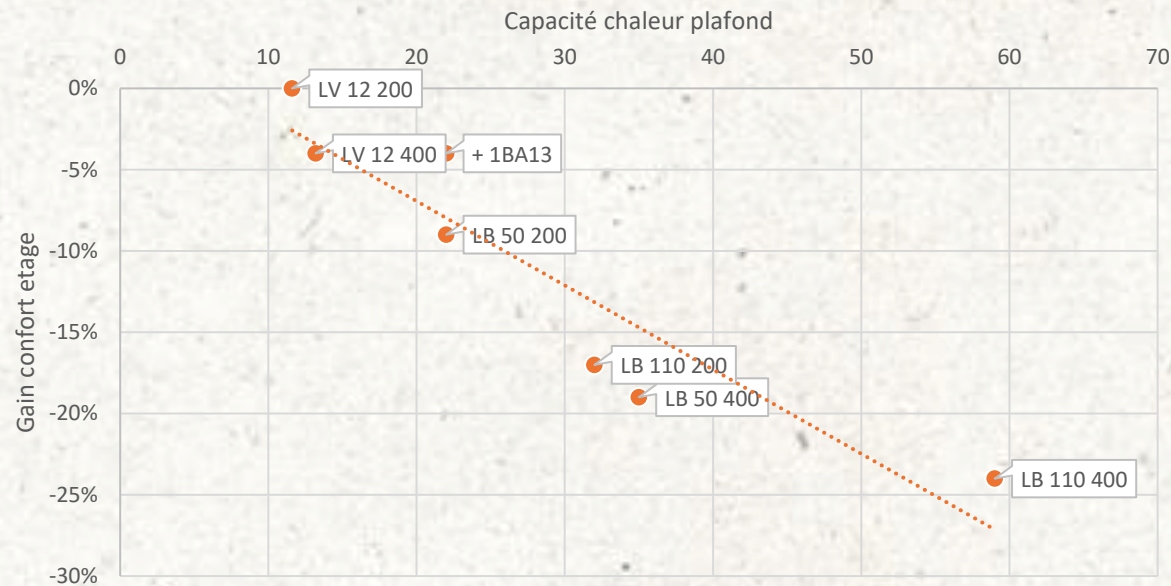
## Comparaison STD



- Chambre bureau étage 
- Scénario 2070 RCP 45
- Nuits tropicales (fin de nuit entre 24 °C)
- Laine de verre 20 cm
- Laine de bois 20 cm 110 kg/m<sup>3</sup>
- Passif Ossature Bois
- La maison passive OB légère (sans dalle/chape) se comporte un peu mieux 1 à 1.5°C



passibat Capacité chaleur plafond et champ: Gain confort etage apparaissent fortement corrélées.



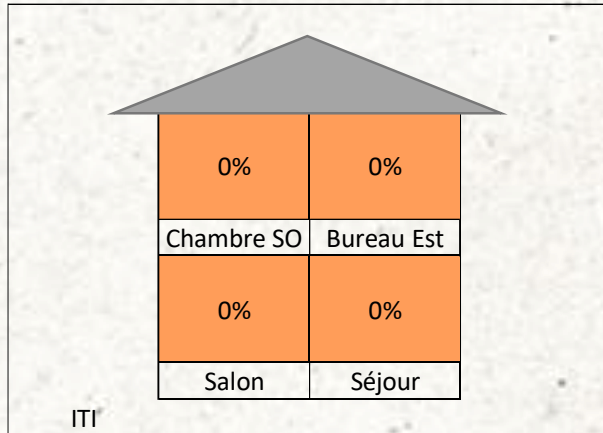
### Titre du paragraphe

- Sur un plafond léger
- La laine de bois apporte une masse thermique qui améliore le confort de 20% avec 110 kg/m<sup>3</sup> (200 mm)
- 200 mm de 110 kg/m<sup>3</sup> est à peu près équivalent en été à 400 mm de 50 kg/m<sup>3</sup>
- En hiver, il vaut mieux 400 mm 50 kg/m<sup>3</sup>

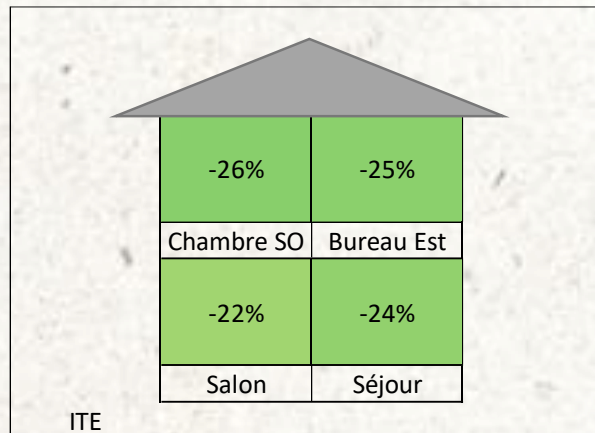
**Forte corrélation « capacité chaleur plafond (vu de l'intérieur) et gain en confort à l'étage**

# Comparaison de simulation (confort en DH degrés heures)

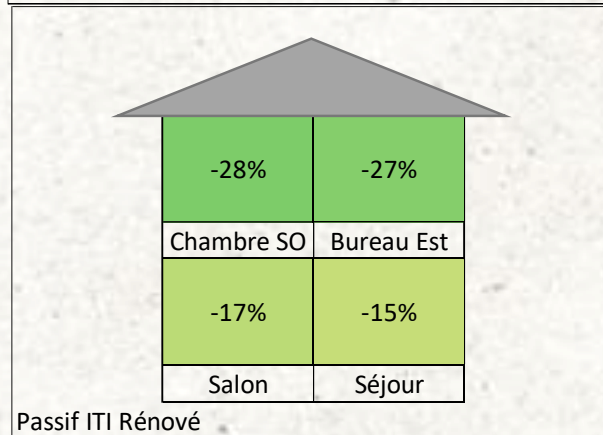
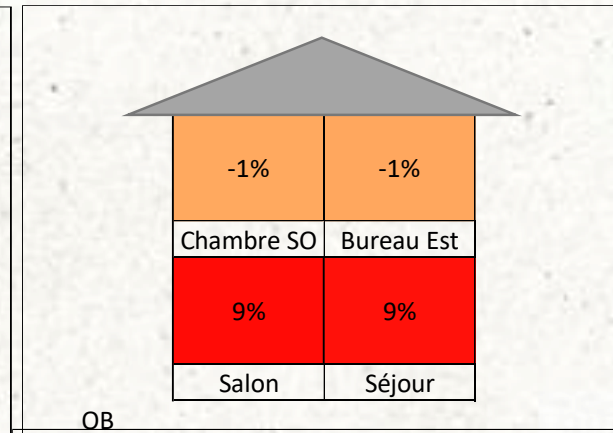
années 1990 Référence ITI



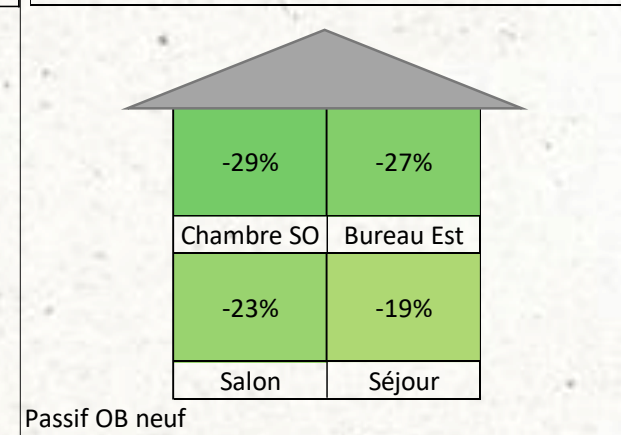
ITE



MOB



NB : DH STD  
et pas DH RE 2020



Passif ITI rénové

Passif MOB

## 4

# Matériaux et disposition des masses thermiques

## Effusivité diffusivité

Matériau	Masse volumique (kg/m <sup>3</sup> )	Effusivité thermique E (J/°C.m <sup>2</sup> .s <sup>1/2</sup> )	Diffusivité thermique D (mm <sup>2</sup> /s)
Eau à 20°C	998	1583	0,1437
Acier	7800	13248	14,25
Béton lourd	2300	1924	0,827
Granit	2700	2669	1,719
Carrelage	2300	1654	1,056
Bois lourd	650	599	0,1474
Botte de paille	100	85	0,3714
Béton cellulaire	400	237	0,4545
Laine de bois	50	63	0,3619
Laine de verre	12	20	4,067
Air	1	5	24,8

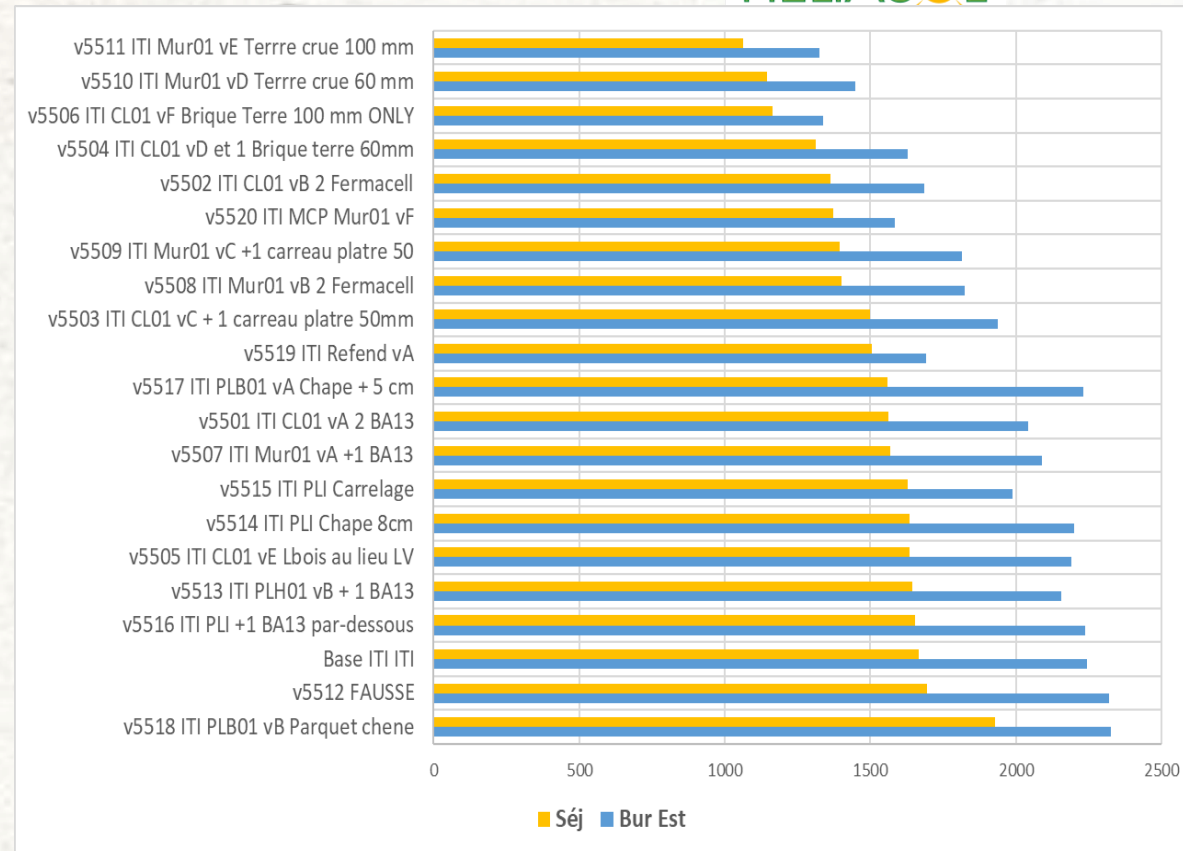
- Un matériau effusif en parement
- Un matériau diffusif pour ne pas gêner l'accès au stockage thermique
- Mais c'est surtout la masse thermique qui compte
- Voir tableau « quel matériau pour l'inertie intérieure » du livre « L'isolation thermique écologique » de Samuel Courgey et Jean-Pierre Oliva aux éditions « Terre vivante »

## Conseils pour la masse thermique

- Le plancher bas est souvent le plus facile puis le plancher intermédiaire
- C'est en général l'étage qui en a le plus besoin
- Les faces intérieures de mur sont à privilégier
- Les cloisons lourdes peuvent dégrader l'acoustique
- Un refend lourd peut aider, mais il faut privilégier une grande surface d'échange, sinon le stockage / déstockage n'est plus assez rapide
- En maison très légère, le simple fait de mettre 2 plaques de plâtre ou mieux 2 Fermacell apporte un gain

### En ossature bois paille

- 5 cm d'enduit terre-crue intérieur suffit en général



## Conclusion

- L'inertie n'est pas miraculeuse
- Il faut surtout éviter le « trop léger » constante de temps < 120 h
- Plus il y a d'inertie, plus il faut anticiper
- Le modèle simple du passif donne de bons résultats en logement
- Le passif en étant PLUS isolé a besoin de MOINS de masse thermique, d'où une ventilation nocturne plus facile.
- Un peu d'inconfort stimule nos capacités d'adaptation.

Notre civilisation  
aura réalisé au  
moins 2 prouesses :



permettre la pratique  
du ski alpin en plein  
désert d'Arabie Saoudite...



... et la rendre bientôt impossible dans les Alpes.



Xavier Goncé

5

**Fin**  
**Merci**





passibat'

LE SALON DU BÂTIMENT BIOCLIMATIQUE  
ET DE LA SOBRIÉTÉ ÉNERGÉTIQUE