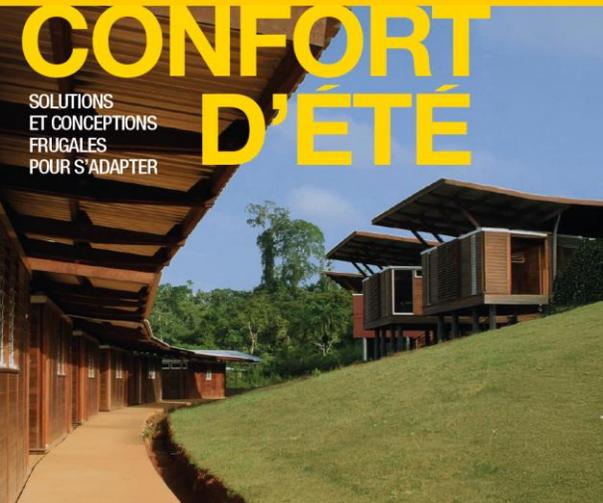




10<sup>è</sup> COLLOQUE  
NATIONAL  
INTERPROFESSIONNEL

**CONFORT  
D'ÉTÉ**

SOLUTIONS  
ET CONCEPTIONS  
FRUGALES  
POUR S'ADAPTER



# BâtiFRAIS !

Le colloque national dédié au confort d'été  
et à l'adaptation aux vagues de chaleur

Lyon – 19 septembre 2025



Nos soutiens financiers et sponsors :



# Inertie et passif, quels leviers pour le confort d'été ?

Franck JANIN / HELIASOL

De 14h00 à 15h00 18/09/2025

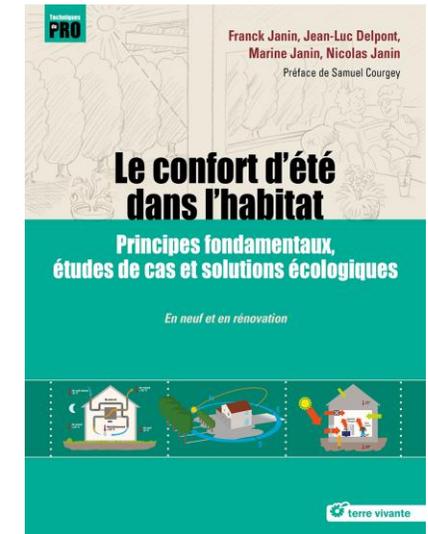


## Franck JANIN | HELIASOL

- Bureau d'étude thermique , crée en 2007 (69) et Jura (39) depuis 2018
- 4 personnes dont 4 concepteurs passifs 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 (2011) 1 stère ½ par an

## Un matin, en buvant mon café

- Je me suis aperçu que je ne savais pas répondre clairement à la question :
  - Pourquoi ma maison est elle confortable en été alors qu'elle est « très légère » ?
- 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. Alors 12h, est ce bien l'optimum du déphasage ?



# Sommaire

- **Rappel de quelques notions**
  - Inertie
  - Déphasage
  - Capacité calorifique – masse thermique
  - Qu'est ce que le passif ?
- **Stratégie de confort d'été en passif**
  - La maison passive en été
  - Stratégie
- **Quelle quantité de masse ? Modèle  $\tau = RC$** 
  - Pourquoi les bâtiments passifs sont-ils en majorité confortables en été ?
  - Constante de temps  $\tau = RC$
  - Sous-titre
- **Matériaux et disposition des masses thermiques**
  - Effusivité diffusivité
  - Conseils pour les masses thermiques
- **Retour d'expérience**
- **Conclusion**



# Quelques précisions

Logement (même principe en tertiaire, mais avec des valeurs différentes, apports internes, occupation, )

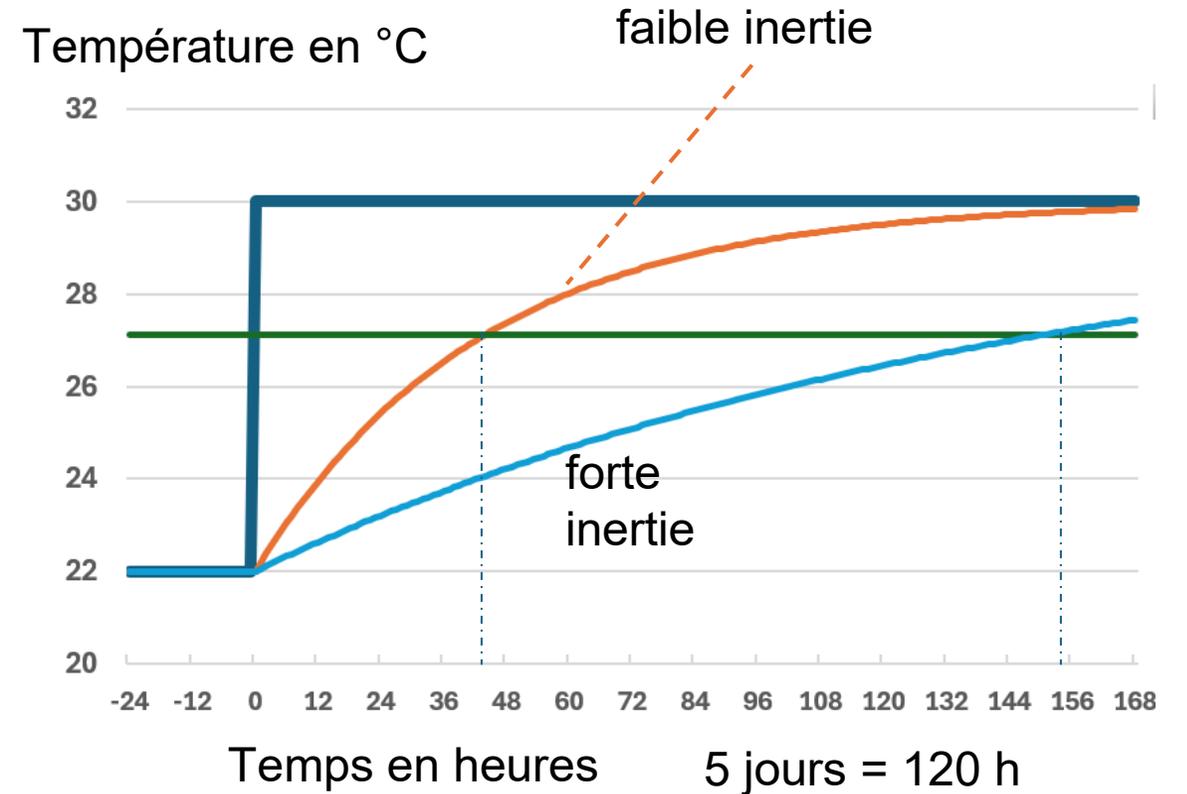
Objectif sans climatisation

# 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 théoriquement « idéal » :

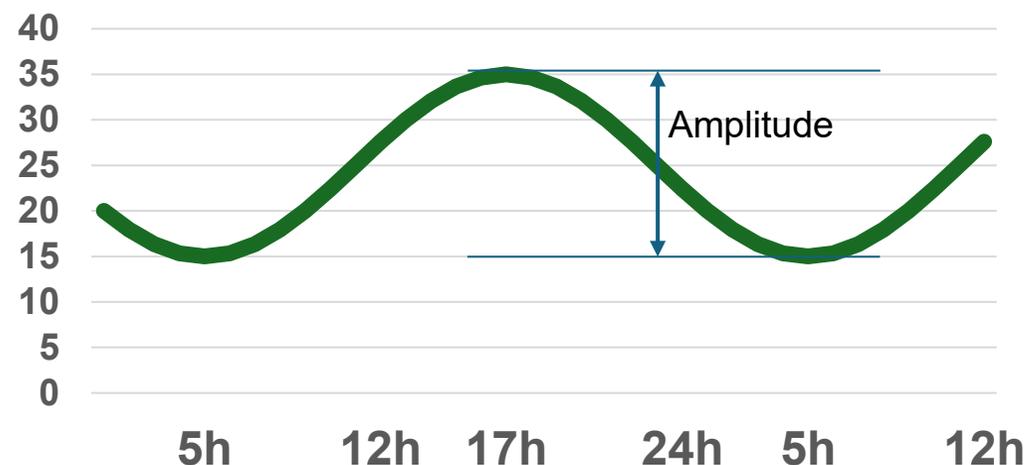
Pour un pic de T° extérieure à 17 h, 5h de l'après midi  
L'onde de chaleur arriverait à 5 h du matin

Un déphasage de 24 h serait lui « inutile »

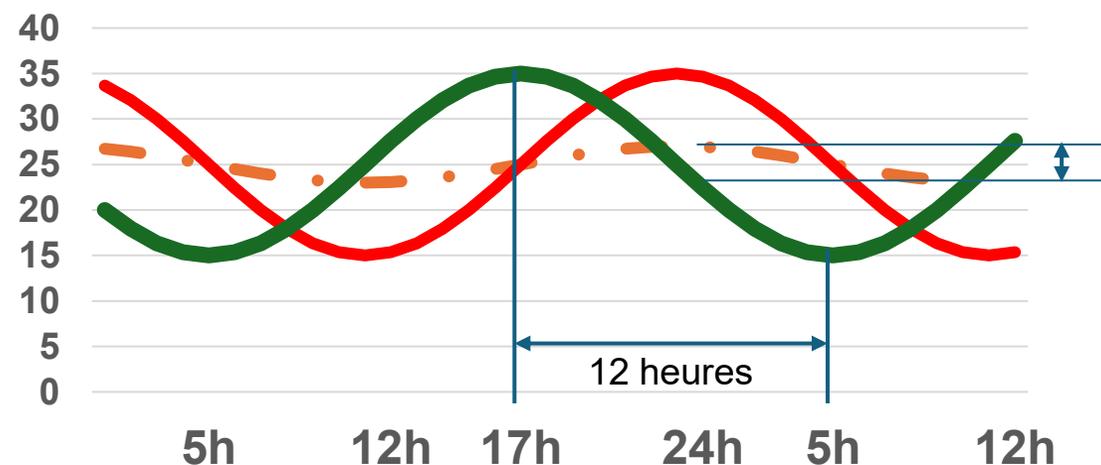
La réduction d'amplitude ou atténuation, est souvent très importante.

- Pour une variation d'amplitude extérieure de 20°C, on observe 1 à 2°C d'amplitude coté intérieur d'une paroi bien isolée

## Onde



## Déphasage (12h) et atténuation (20%)



# Capacité calorifique

- Quantité 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

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

# 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

# Qu'est ce qu'un bâtiment passif ?



la  
maison  
du passif

## Bâtiment Passif : le concept

Des bases scientifiques solides

- Isolation efficace et continue sans ponts thermiques
- Conception bioclimatique et ouvrants performants
- Étanchéité à l'air irréprochable
- Ventilation double-flux



Air neuf



Air soufflé

Étanchéité à l'air



Air rejeté



Air extrait

Protection solaire temporaire



Ventilation double-flux

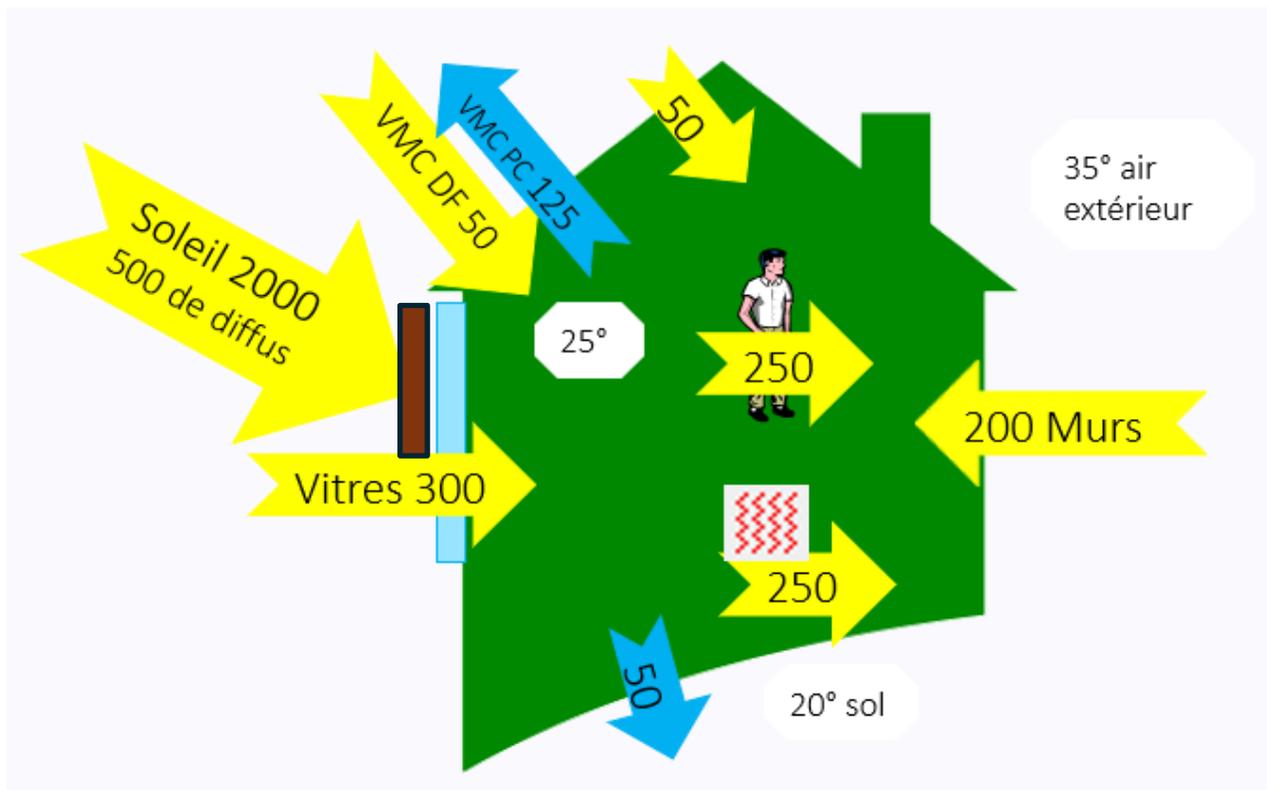


Appoints de chauffage



Connexion sans pont thermique

# Le bâtiment passif en été (logement)



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

## Calculs de coin de table, ordre de grandeur

Plafond :  $R = 10 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$  surface :  $50 \text{ m}^2$   
 $\text{Flux} = 1/R * S * \Delta T = 0,1 * 50 * (35-25) = 50 \text{ Watt}$

Fenêtres (conduction) :  $U_w = 1$ , Surf =  $30 \text{ m}^2$   
 $\text{Flux} = U * S * \Delta T = 0,1 * 30 * (35-25) = 300 \text{ Watt}$

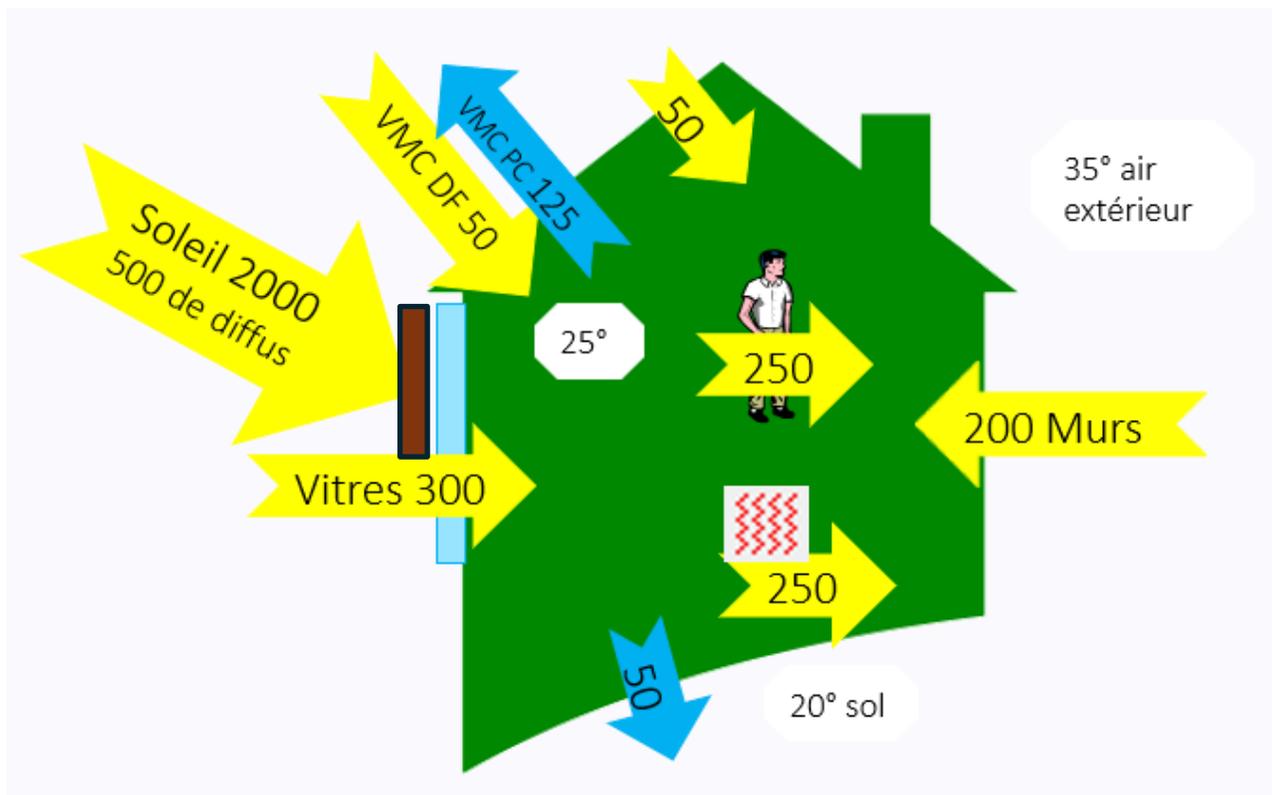
Fenêtres (rayonnement) :  $1\ 000 \text{ W/m}^2$   
 Diffus :  $30 \text{ m}^2 * 100 \text{ W/m}^2 * 0,4 (S_w) = 1\ 200 \text{ W}$   
 Direct : jusqu'à  $10\ 000 \text{ W}$  sans volets

VMC DF :  $0,34 * Q (\text{débit m}^3/\text{h}) * \Delta T * (1 - \eta)$   
 $\text{Flux} = 0,34 * 100 * 10 * (1-0,85) = 50 \text{ W}$

VMC SF Simple flux rendement  $\eta = 0$  =  $340 \text{ W}$

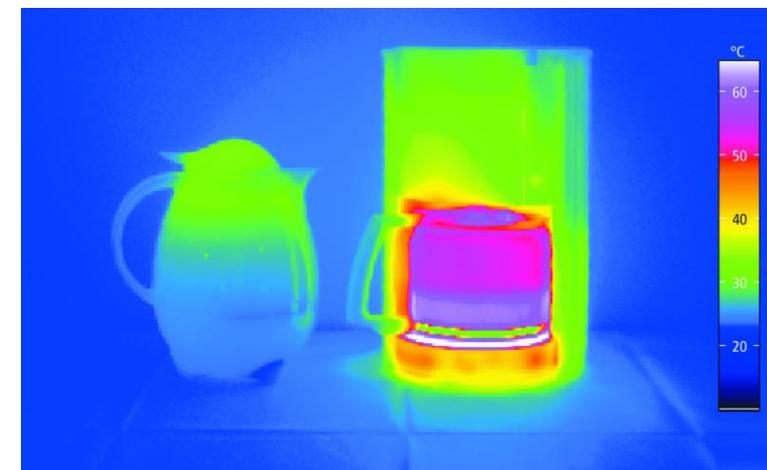
Apports internes :  $3 \text{ personnes} * 80 \text{ W} = 250 \text{ W}$

# 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 de confort d'été

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 surtout, installation de brasseurs d'air



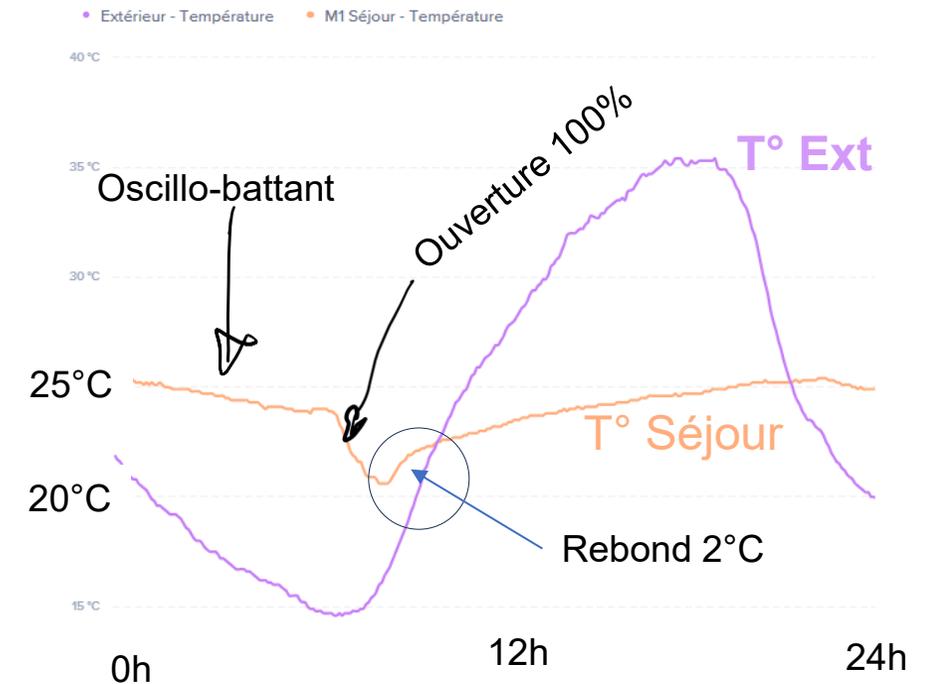
# Quelle quantité de masse ?

- Car ajouter de la masse a des inconvénients
  - Structure, fondations à renforcer
  - Energie grise, transport
  - Coût
  - Besoin de plus d'anticipation dans les comportements



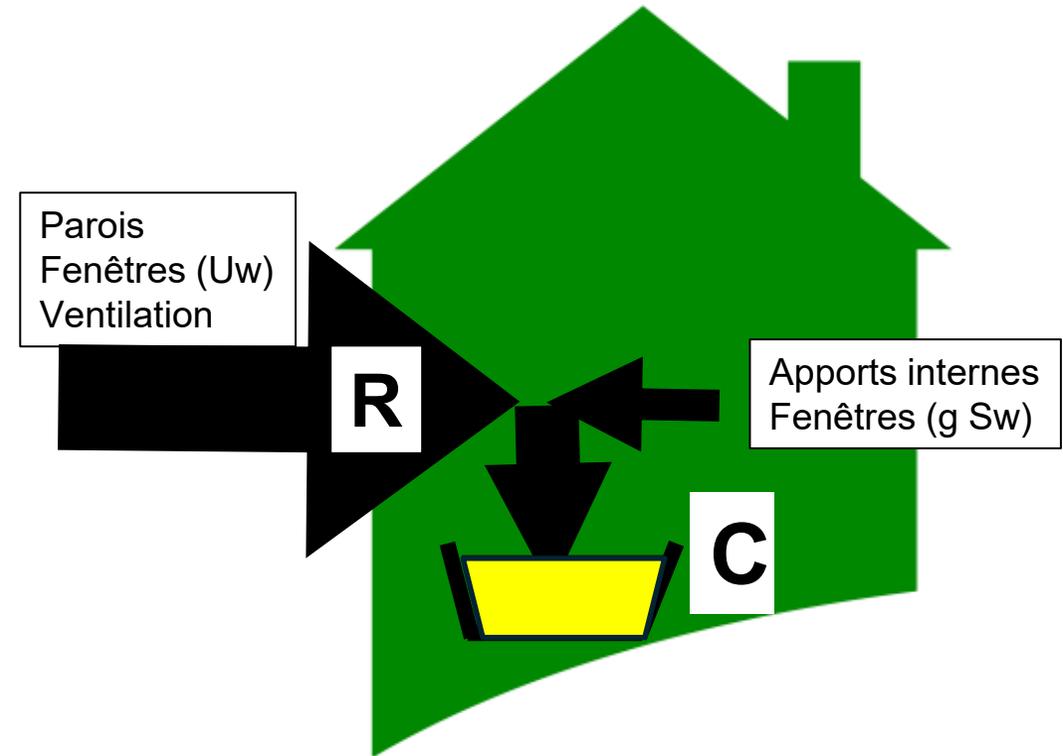
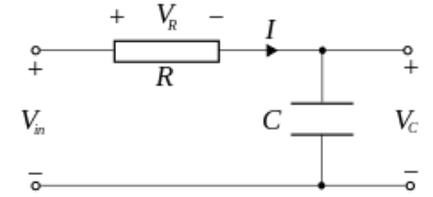
# L'inertie complique la décision de fermer les fenêtres le matin

- C'est déjà difficile sans masse
- Effet rebond en général de 2° minimum
- Ouvrir le soir est un peu plus simple (le matin, l'air s'est refroidi beaucoup plus vite que les parois)
- Donc : Il fallait ouvrir + dans la nuit, et l'on pouvait fermer plus tard



# Flux de chaleur en journée d'été

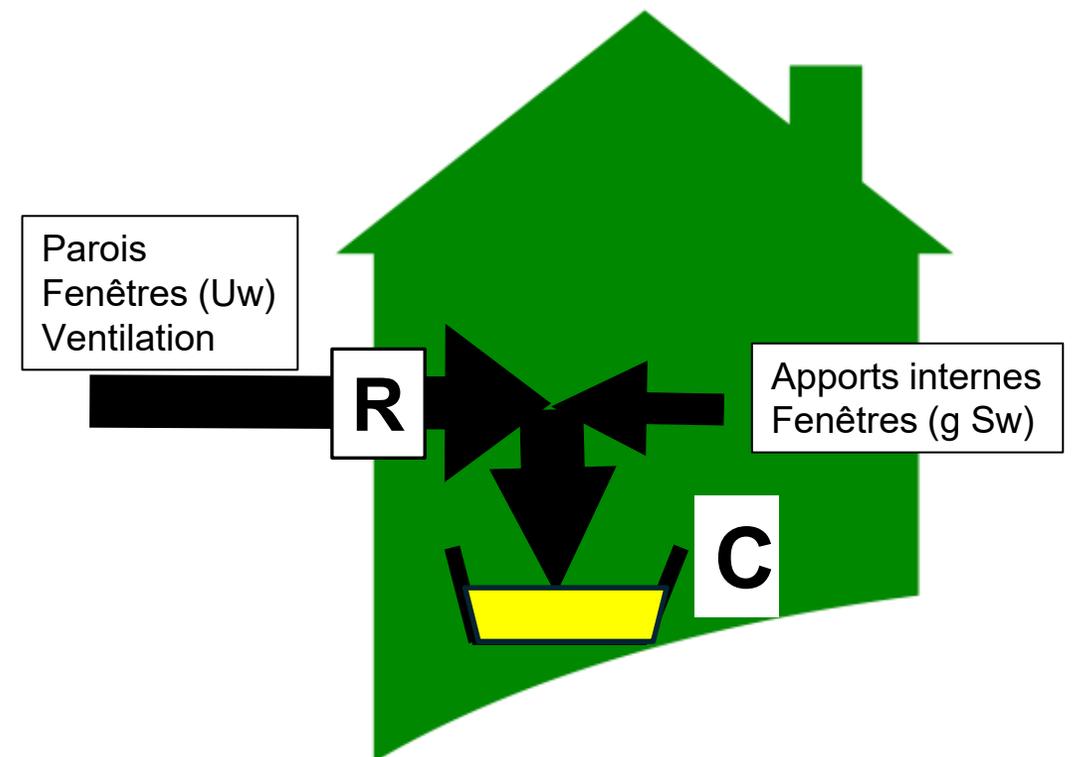
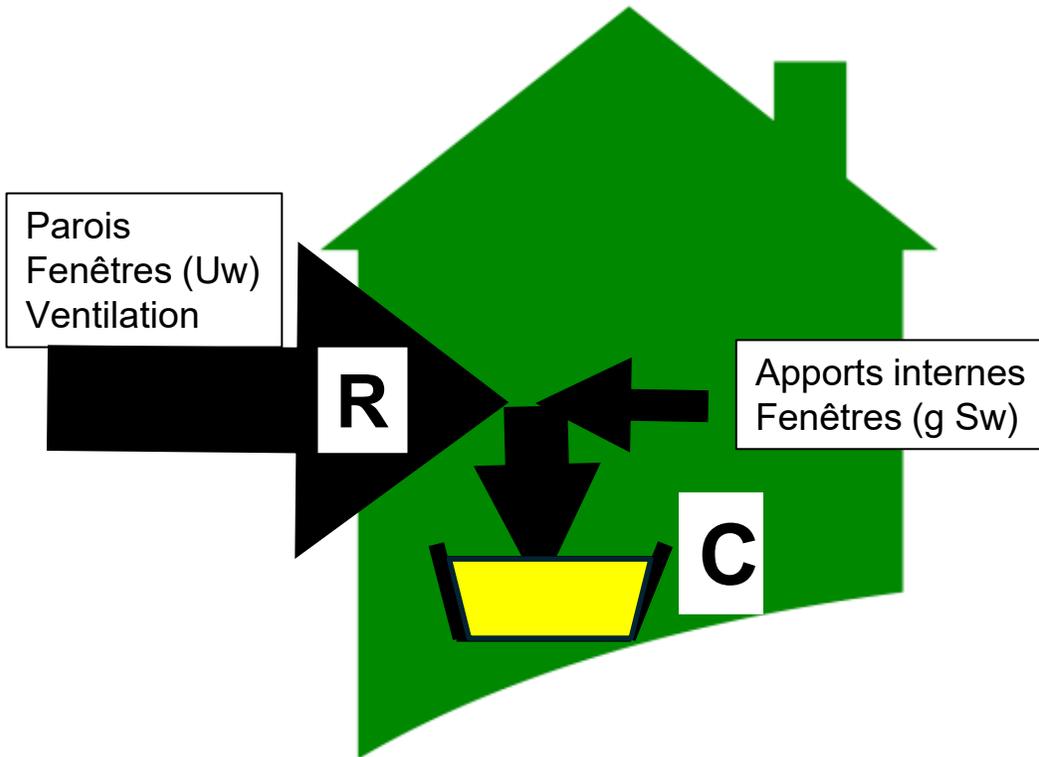
- La chaleur rentre (R résistance thermique) ou est produite dedans l'enveloppe
- Besoin de capacité thermique C pour stocker cette chaleur
- Analogie avec le système électrique RC (résistance condensateur)
- Résistance totale équivalente : parois, fenêtre et ventilation



Important : capacité de chaleur vue de **l'intérieur**

## Flux de chaleur en journée d'été

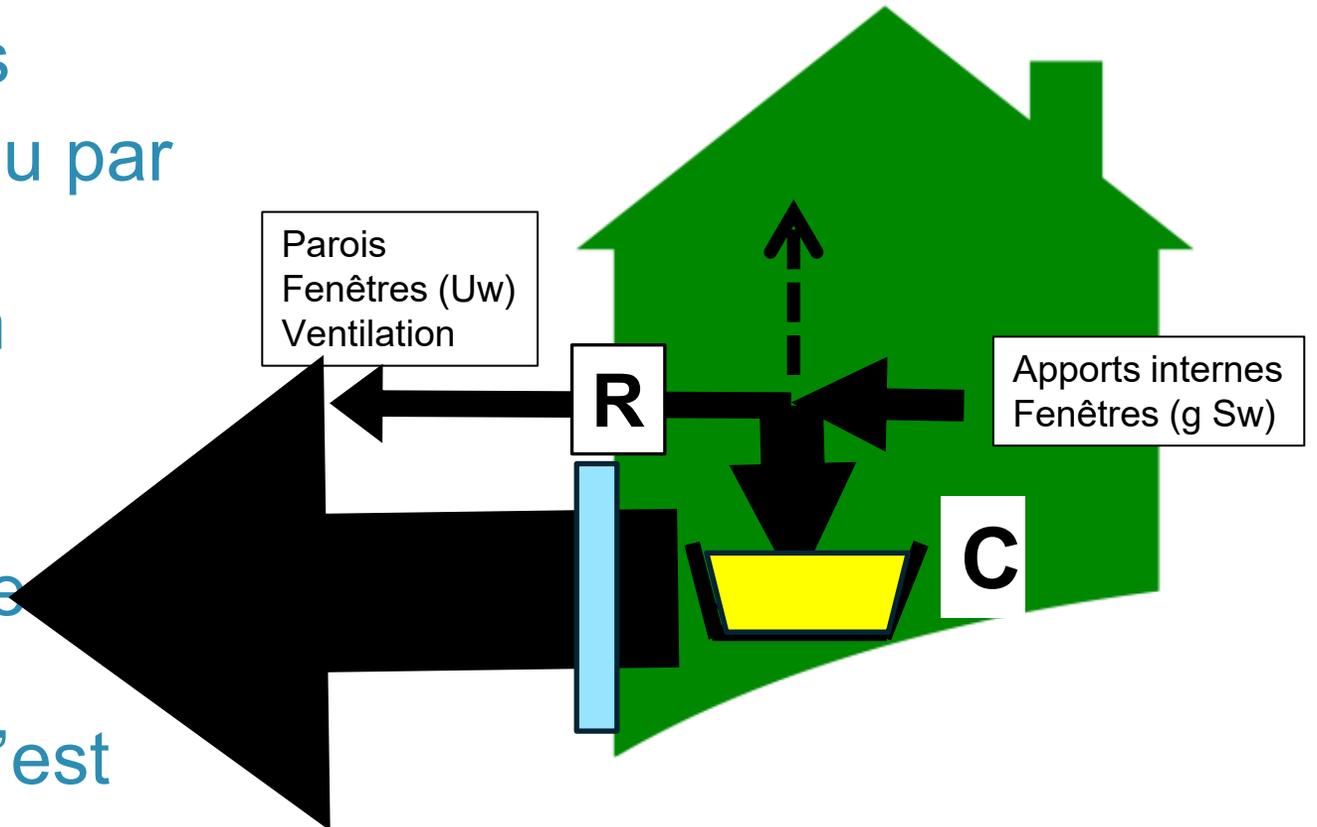
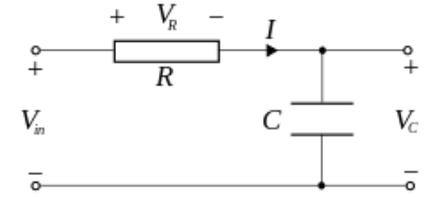
## Bâtiment passif



- La chaleur rentre moins ( $R$  résistance thermique 2 fois plus élevée)
- D'où moindre besoin de capacité thermique  $C$  pour stocker cette chaleur

# Déstockage de chaleur les nuits d'été

- A supposer qu'il fasse suffisamment frais dehors
- La chaleur ressort très peu par l'enveloppe
- Ou par la VMC (même en bypass)
- Elle ressort par les fenêtres ouvertes
- Moins on a stocké, plus c'est facile

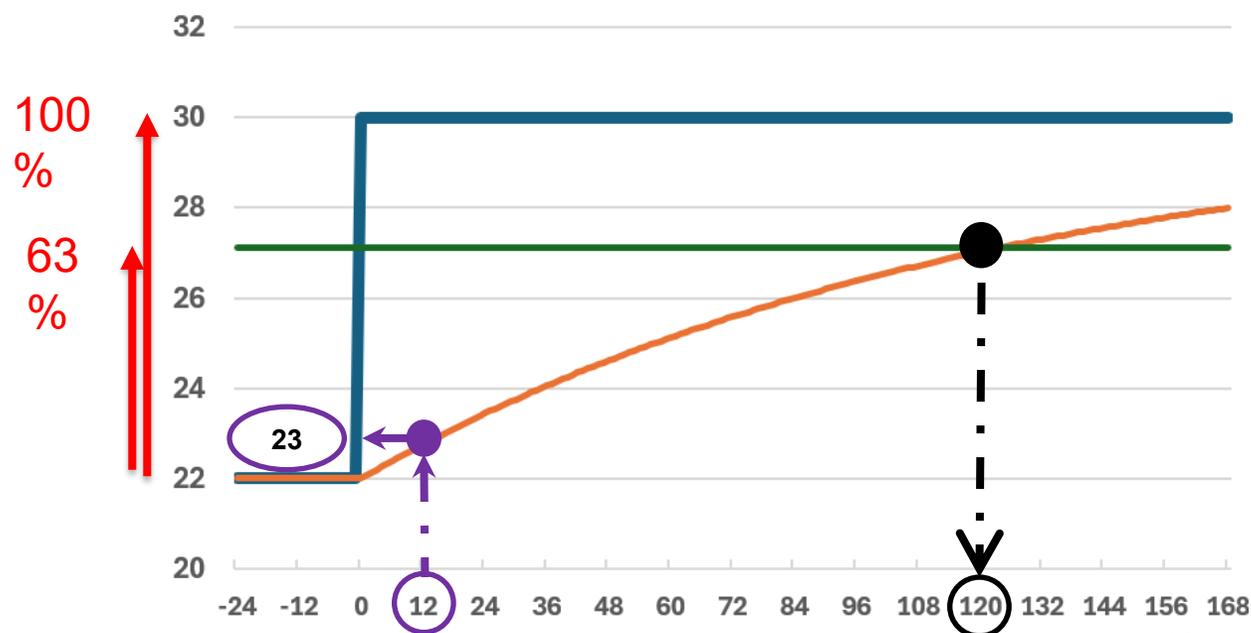


Important : capacité de chaleur vue de l'intérieur

# 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  $t = \tau$ ,  $e^{-t/\tau} = e^{-1} = 0.63 = 63\%$

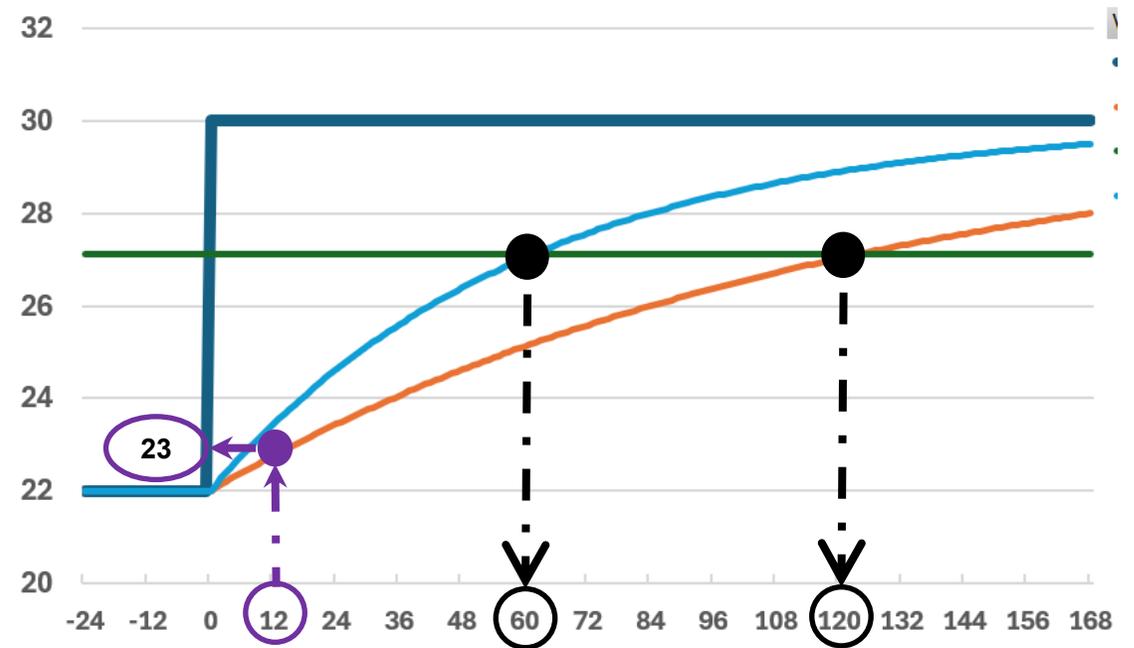


# Maison passive et non passive (2 fois moins isolée)

- T intérieure = 27° à t =  $\tau$  heures
- Orange :
  - $R_{eq} = 4 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$
  - $C = 84 \text{ Wh/m}^2_{SRE} \cdot \text{K}$
- Bleu :
  - $R_{eq} = 2 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$
  - $C = 84 \text{ Wh/m}^2_{SRE} \cdot \text{K}$
- 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

Maison passive

Maison 2 fois moins isolée (même masse)



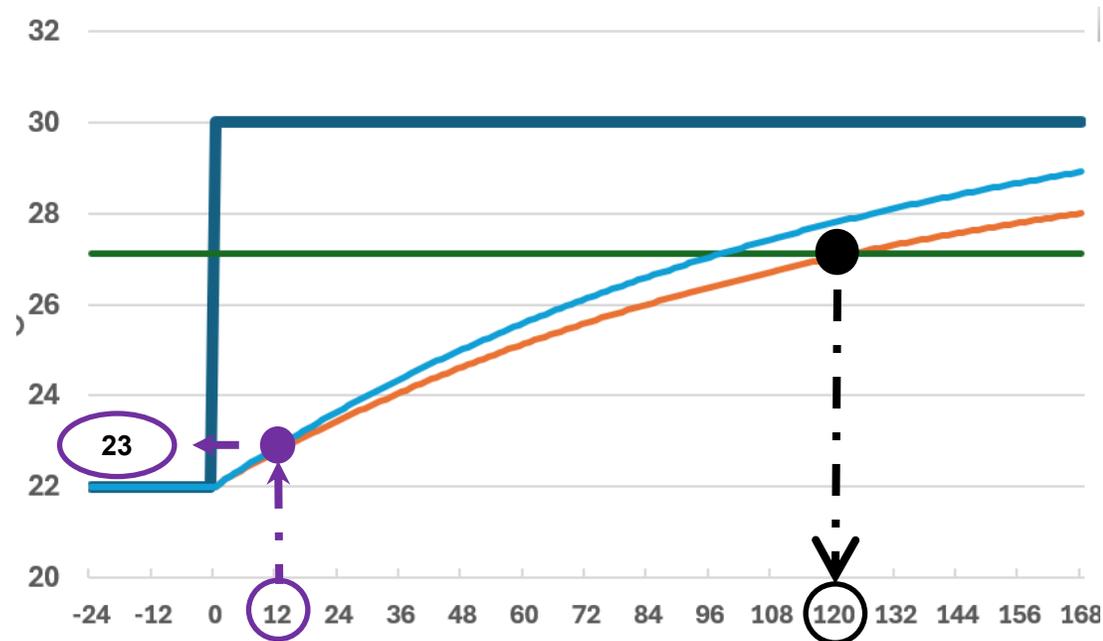
# Comparaison avec ajouts des apports internes et compensation de la moindre isolation par plus de masse thermique

- T intérieure = 27°
- Orange (Passive):
  - $R_{eq} = 4 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$
  - $C = 84 \text{ Wh}/\text{m}^2_{SHAB} \cdot \text{K}$
- Bleu :
  - $R_{eq} = 2 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$
  - $C = 168 \text{ Wh}/\text{m}^2_{SHAB} \cdot \text{K}$
- Apports : 150 W (internes, solaires)
- La maison avec 2 fois + de masse peine à stocker la chaleur assez vite

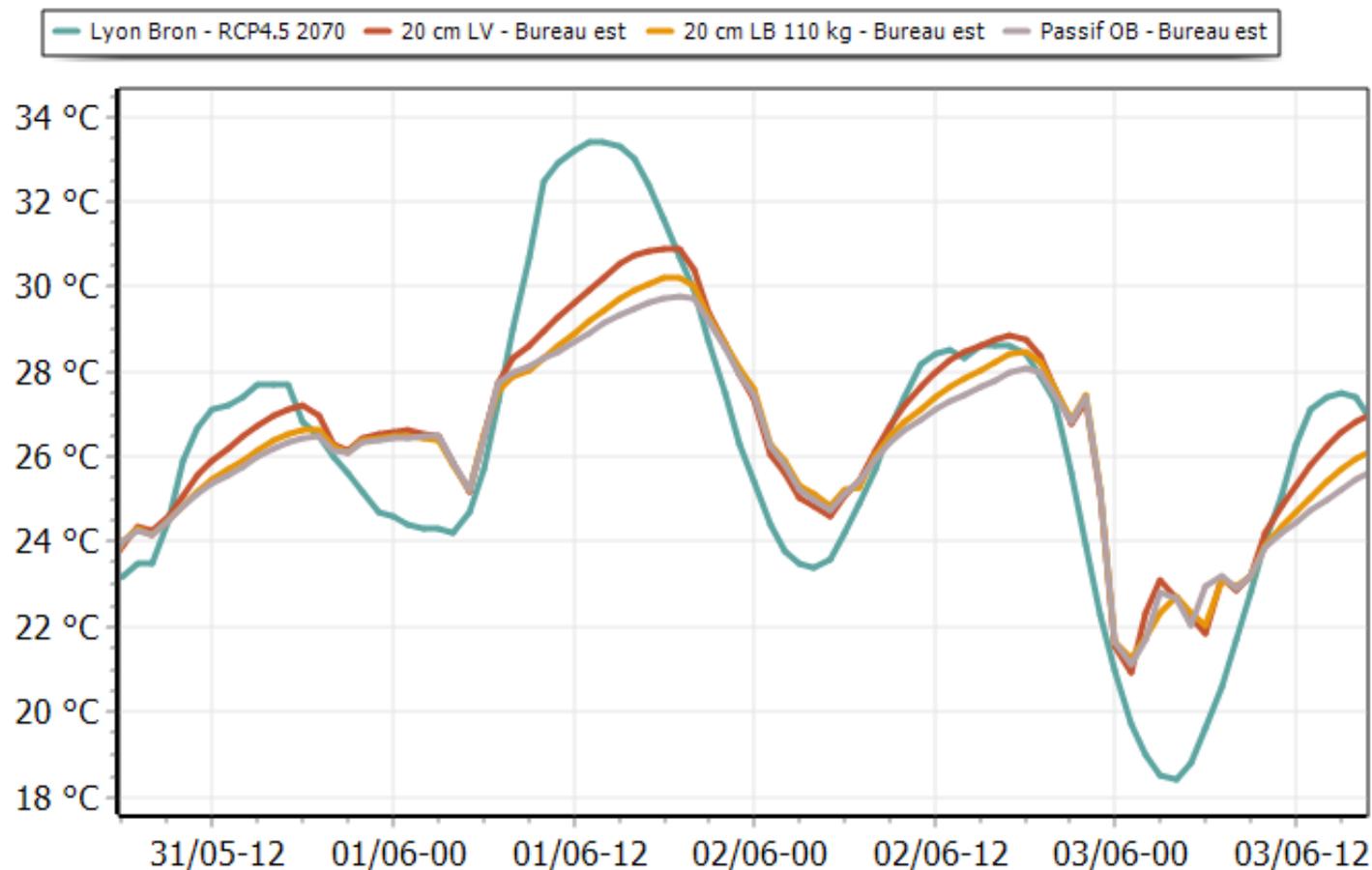
Inchangé

Maison passive

Maison 2 fois moins isolée & 2 x plus de masse



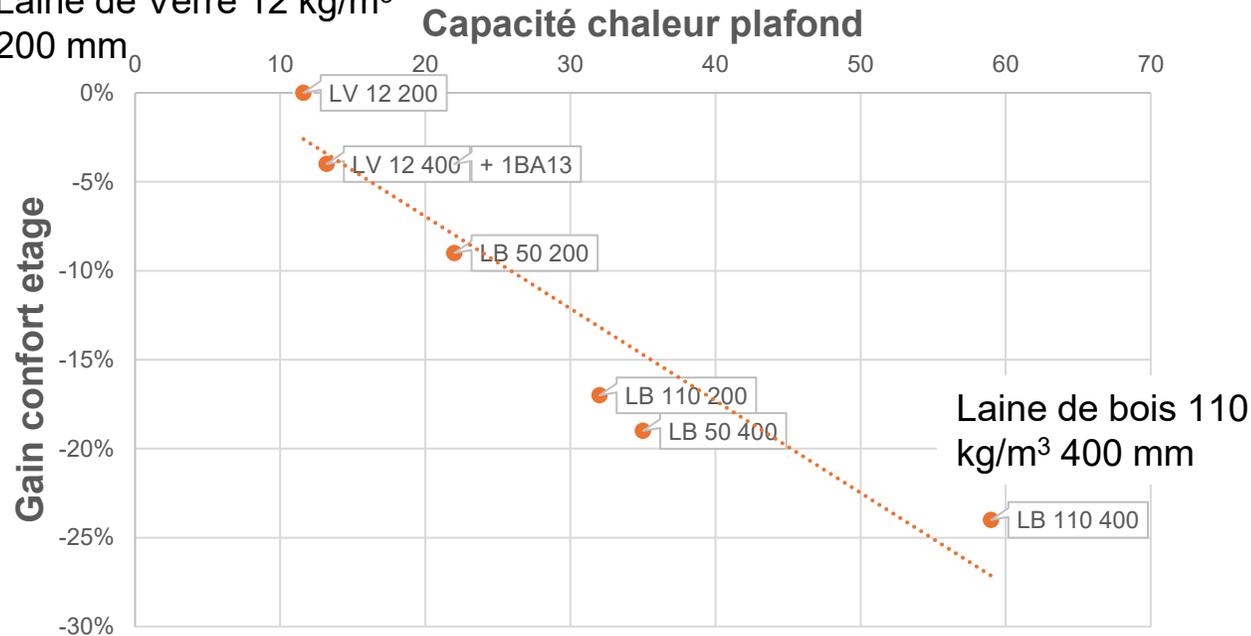
# Comparaison STD



- 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

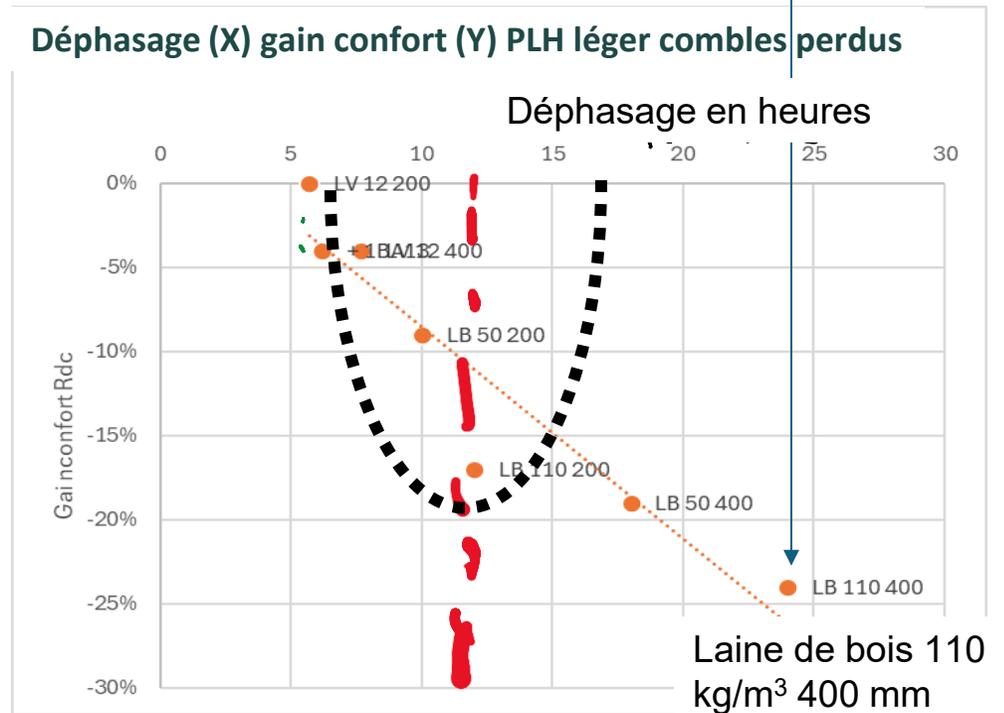
# Confort selon déphasage masse du plafond

Référence : LV 12 200 =  
Laine de Verre 12 kg/m<sup>3</sup>  
200 mm



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

- 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)
- Le confort maximum est atteint avec un déphasage de 24h et pas 12h comme attendu



12h

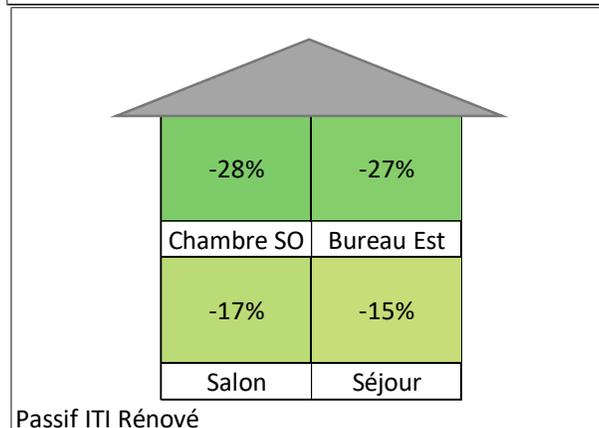
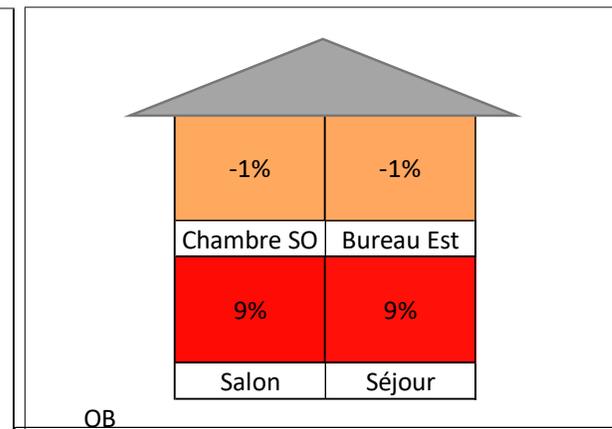
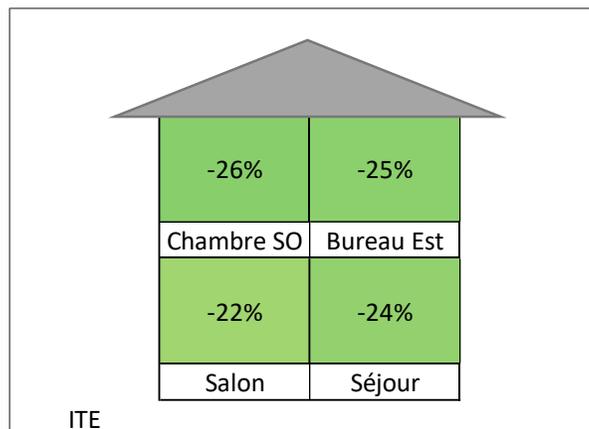
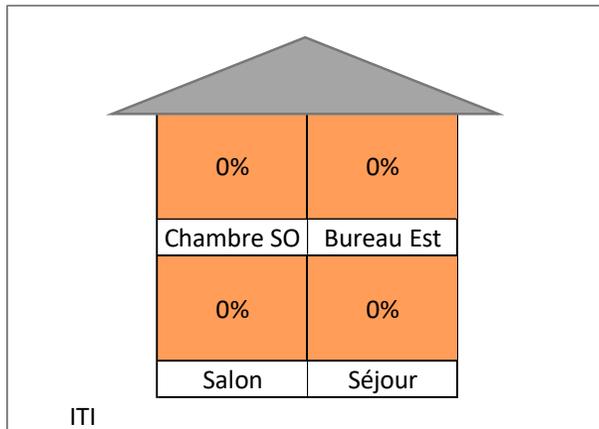
24h

# Comparaison de simulation (confort en DH degrés heures)

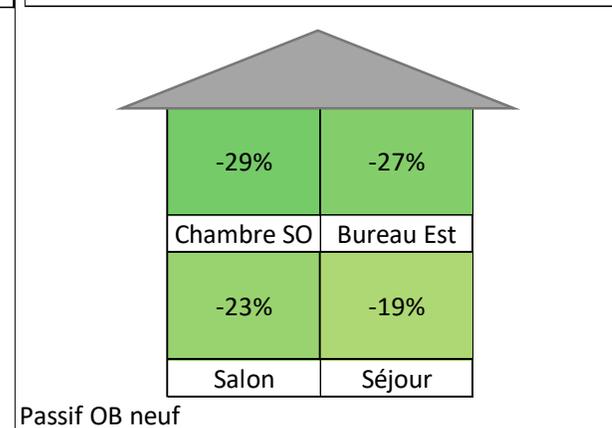
années 1990 Référence ITI

ITE

MOB



NB : DH STD  
et pas DH RE 2020



Passif ITI rénové

Passif MOB

Les % correspondent aux gains de confort en DH par rapport à la référence



# Matériaux et disposition des masses thermiques

# 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 (mais qui en a le moins)
- 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 déjà un gain
- En ossature bois paille 5 cm d'enduit terre-crue intérieur suffisent en général

# Les jardins Clemenceau St Etienne

Maisons B.A-Polystyrène (Phase 1)



Maisons Bois-Paille (Phase 2)

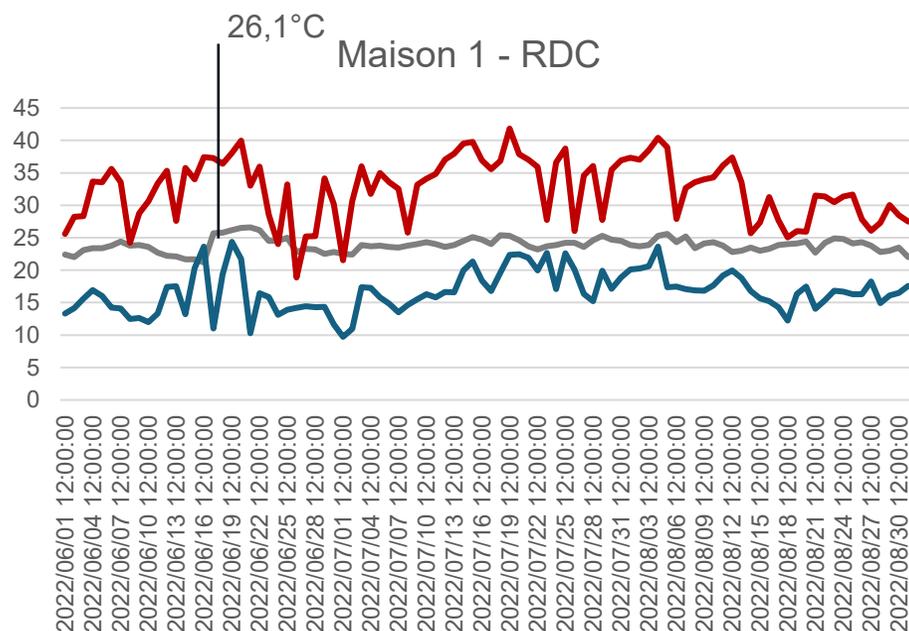


- Maison terminée, on ne peut pas distinguer le mode constructif, typologie et implantation voisine
- PHPP très proche
- Les masques diffèrent légèrement

# Comparaison été 2022

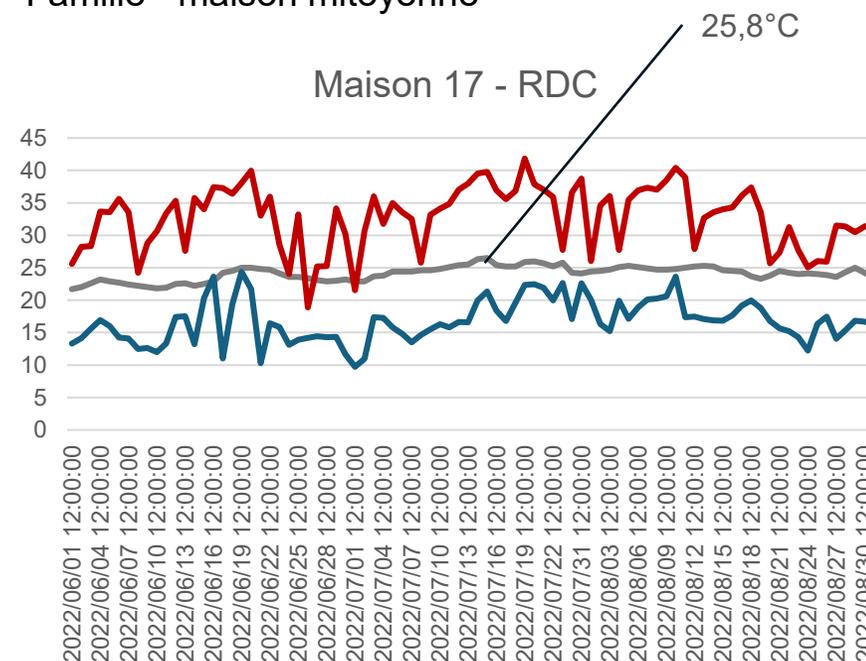
## Phase 1 : B.A/Polystyrène

Maison 1  
Famille - maison isolée



## Phase 2 : Bois/Paille

Maison 17  
Famille - maison mitoyenne



Légende



Température extérieure  
maximale



Température intérieure  
logement

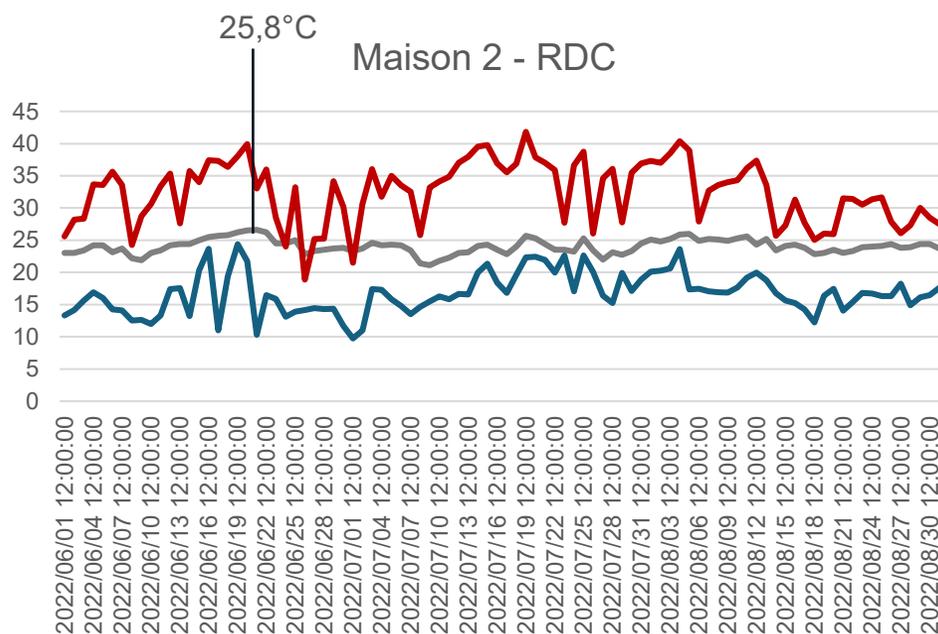


Température extérieure  
minimale

# Comparaison été 2022

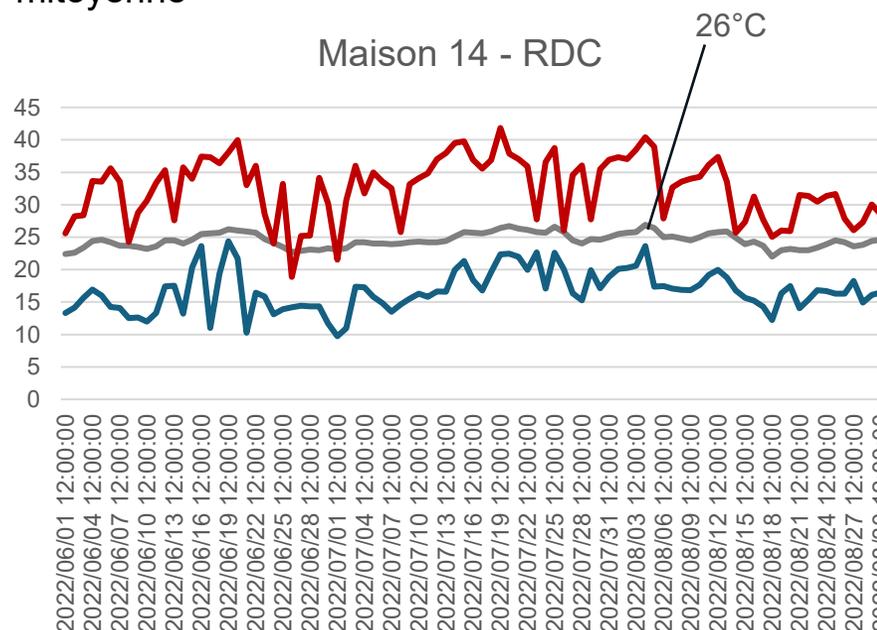
## Phase 1 : B.A/Polystyrène

Maison 2  
1 personne - maison mitoyenne



## Phase 2 : Bois/Paille

Maison 14  
1 personne - maison mitoyenne



Légende



Température extérieure maximale



Température intérieure logement



Température extérieure minimale

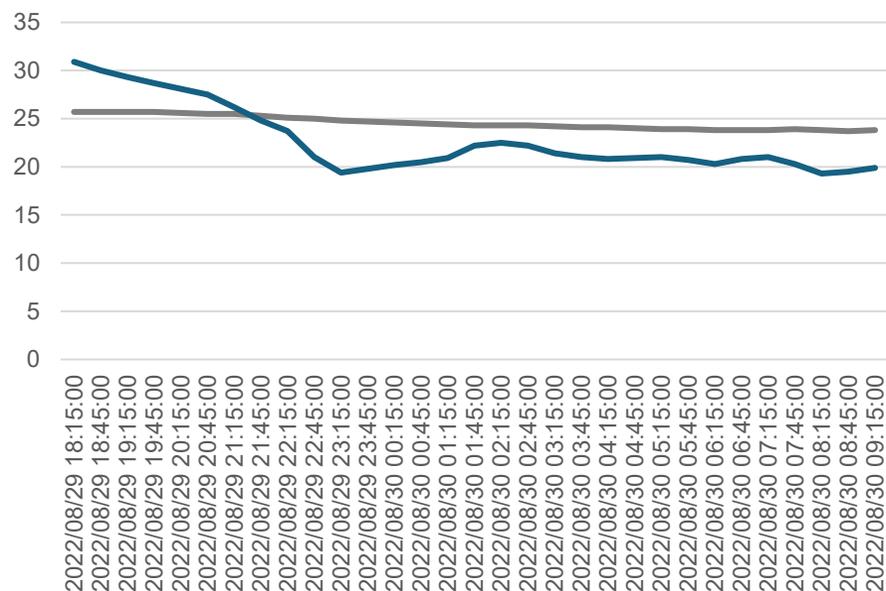
# Rafrachissement nocturne

Rafrachissement  
nocturne      Août 2022

- B.A / I.T.E

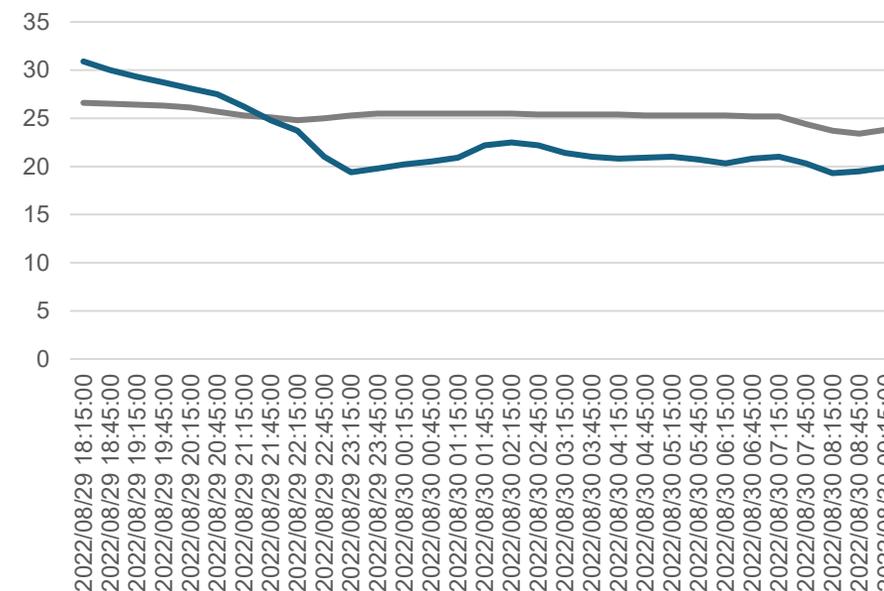
Phase 1 : Maison 1  
Famille - maison isolée      Perte de 1,9°C

Maison 1 - RDC



Phase 2 : Maison 17  
Famille - maison mitoyenne      Perte de 3,2°C

Maison 17 - RDC



Légende



Température extérieure  
maximale



Température extérieure (nuit)



# Comparaison des parois

Est il normal d'avoir quasiment les mêmes courbes alors que les parois sont différentes ?

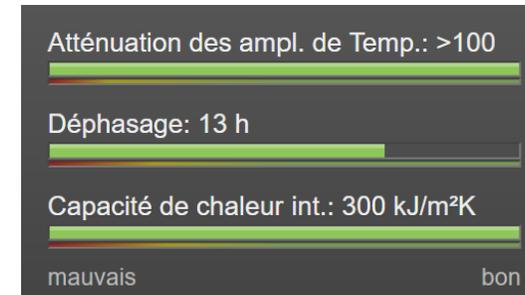
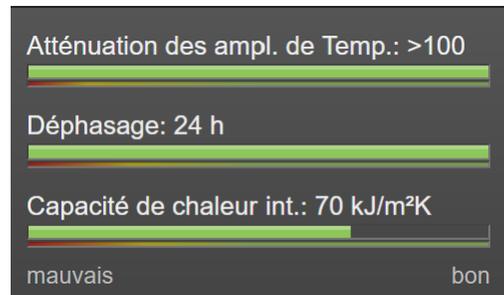
Déphasage paroi paille : 24 heures

paroi béton polystyrène : 12.6 heures

R et atténuation : idem

Capacité calorifique vu de l'intérieur : 70 kJ/m.K

300 kJ/m.K



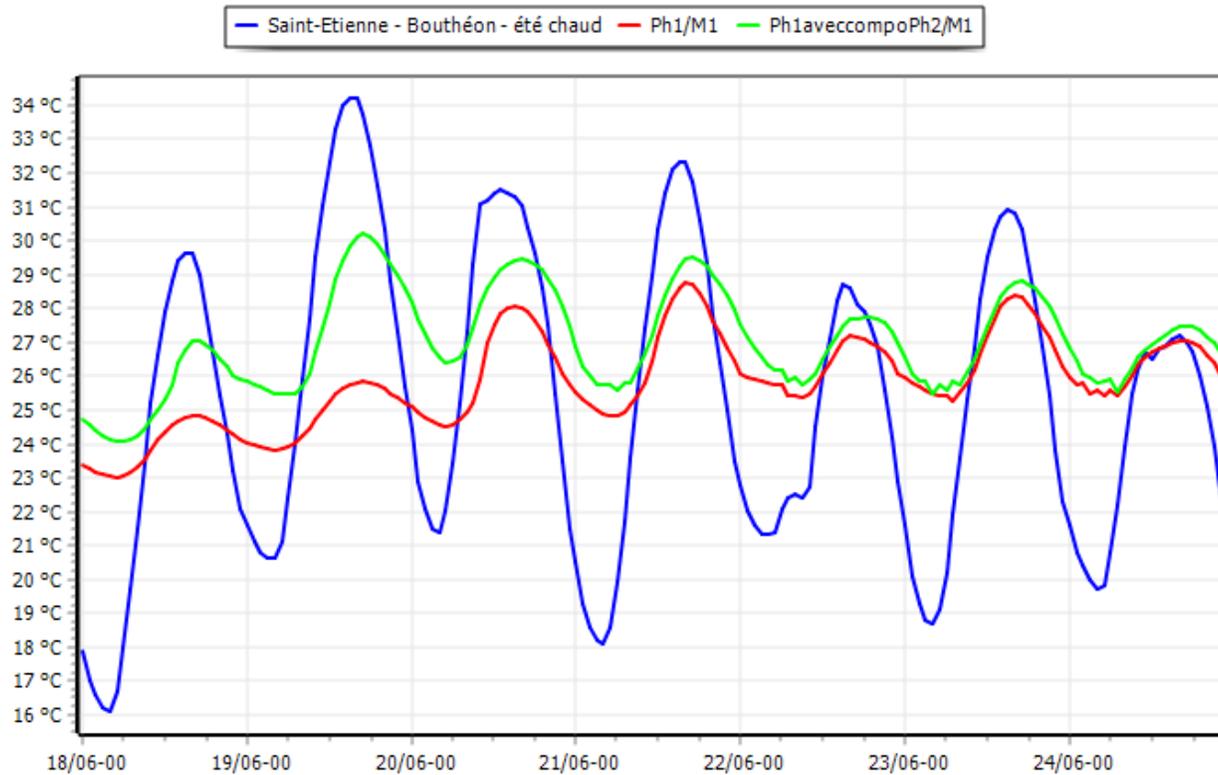
Peu de différence pour les toitures (Laine de verre et ouate de cellulose)

Et le **sol (Radier sur Misapor)** est à **570 kJ/m².K** pour les 2 types de maisons

L'inertie journalière (Total maison) est plus faible pour OB/Paille (30 à 40%)

L'inertie séquentielle est beaucoup plus faible (environ 3 fois moins)

# STD comparée Maison 1 et maison 1 avec compositions phase 2 (paille)



Il faut du temps pour chauffer le béton (3 premiers jours), mais ensuite, peu d'écart

# Maison très légère canicule 2025

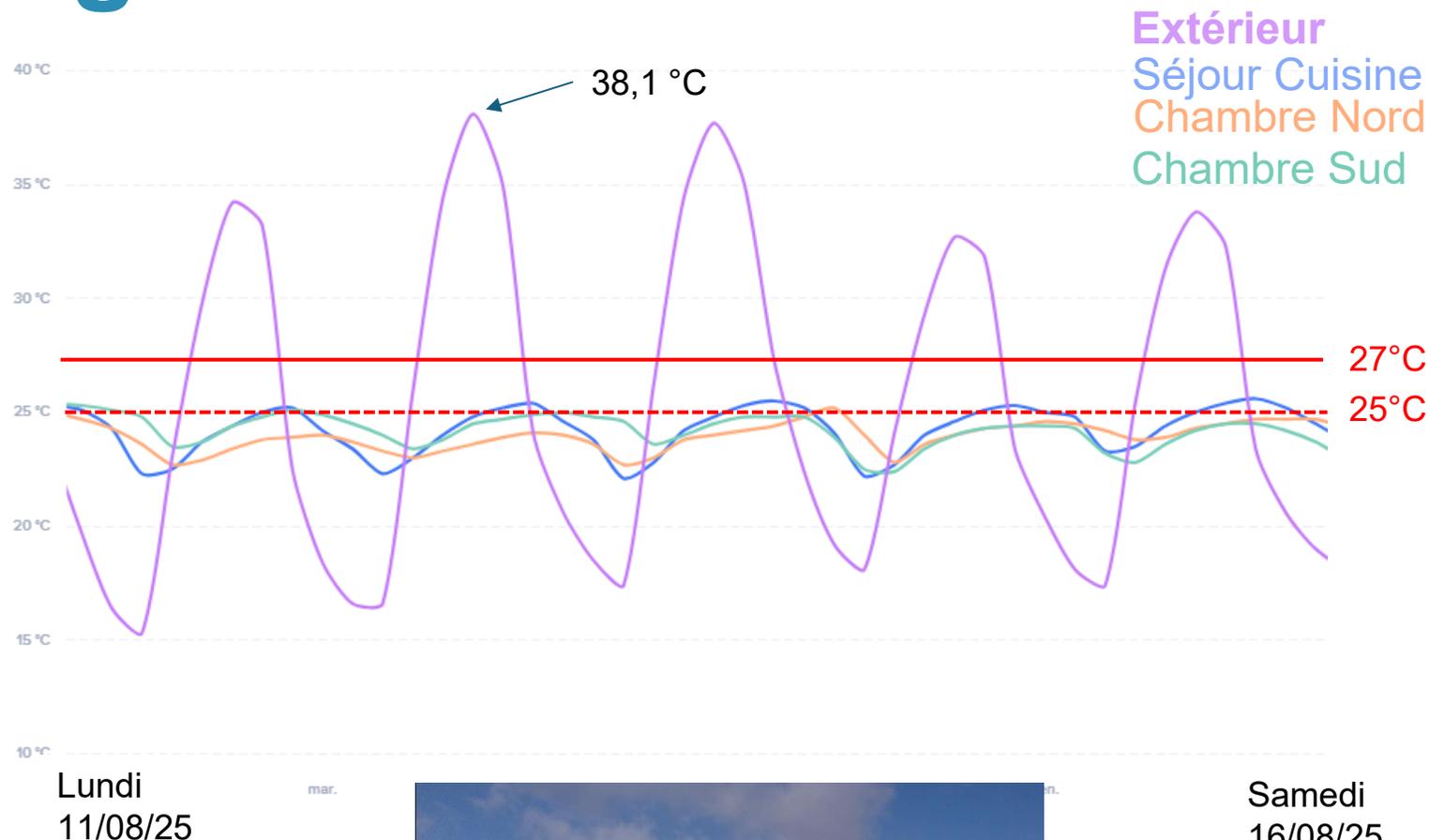
Maison passive en Ossature Bois  
remplissage paille

- Dalle poutre en I sur VS et Cave
- Plafond en paille
- RDC et combles perdus
- VMC DF
- Triple vitrage
- Très vitrée (39 m<sup>2</sup> pour 155 m<sup>2</sup> soit 25% dont 23 m<sup>2</sup> au sud)
- Occupants présents (4 puis 2)
- Ventilation traversante
- 1,5 stère de bois par an

Semaine du 11 au 16 août 2025

Jura (39) à 400 m d'altitude

Environnement favorable : prairies, forêts



Lundi  
11/08/25

mar.



Samedi  
16/08/25



# Dézoomons un peu

Notre civilisation  
aura réalisé au  
moins 2 prouesses :

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

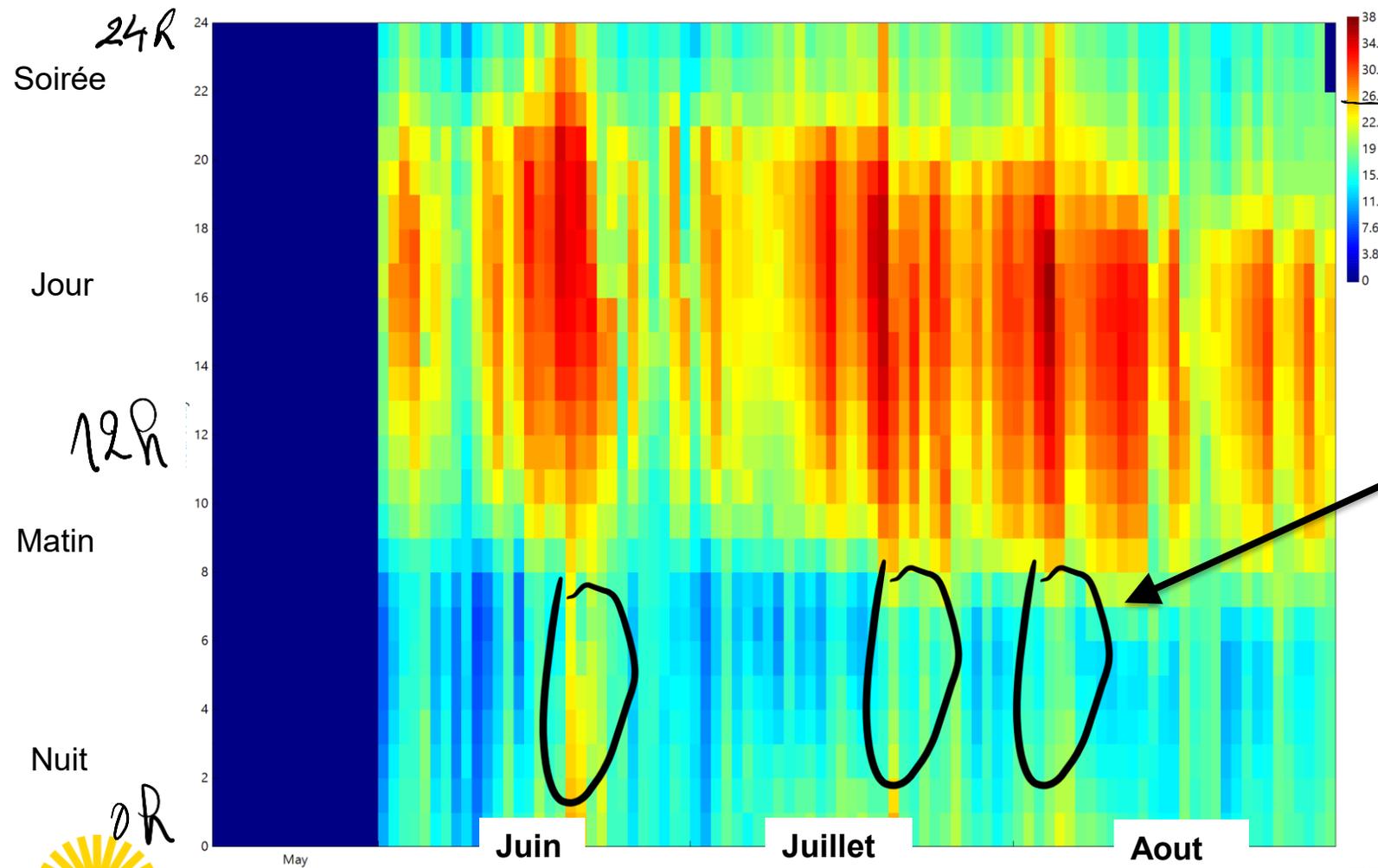


...et la rendre bientôt impossible dans les Alpes.



Adrien Gonco

# Diagramme Heatmap pour bien voir nuit, matin, jour, soir Jura 2022 petite montagne

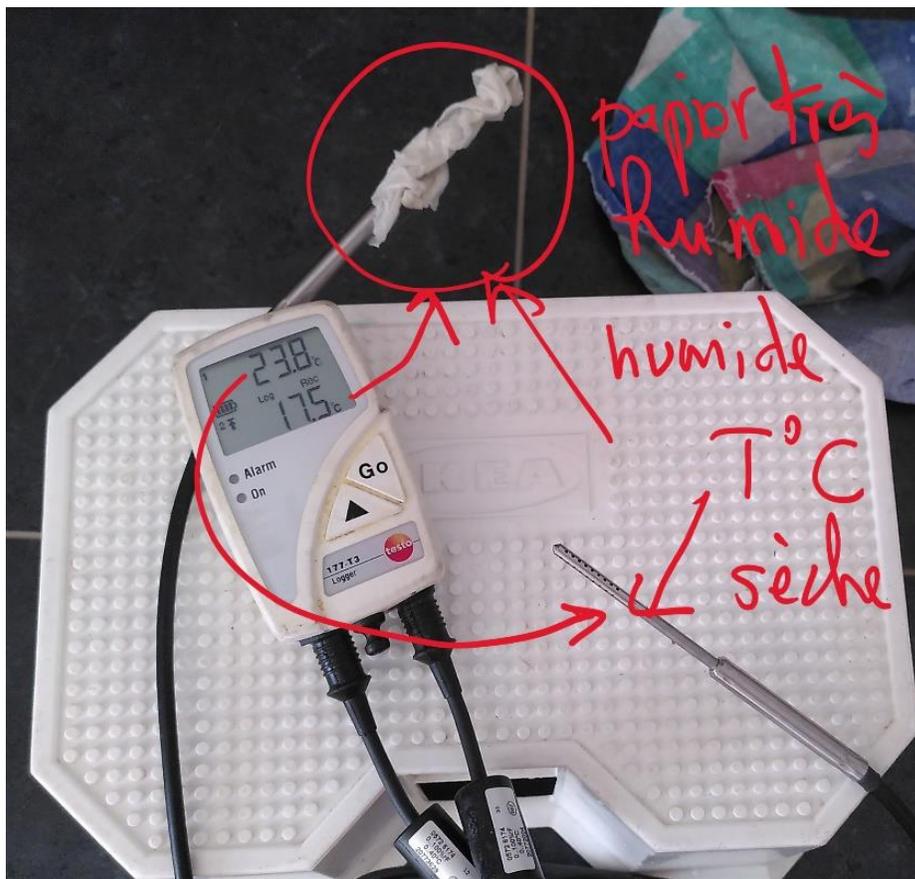


Nuits tropicales

Une nuit tropicale (> 20°C) empêche la ventilation nocturne  
Le nombre de nuits tropicales est un indicateur pour dimensionner la masse thermique

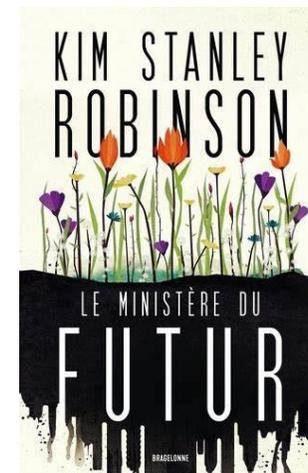
# Confort ou survie ? Température humide

## Vague de chaleur longue et humide



- L'inertie lourde ne suffira probablement pas
- Il est plus facile de protéger du froid (que du chaud)
- Les climatiseurs peuvent tomber en panne ou le réseau électrique être saturé (avec incendie à Lytton au Canada 2021, températures maxi entre 45°C et 50°C pendant 1 semaine)

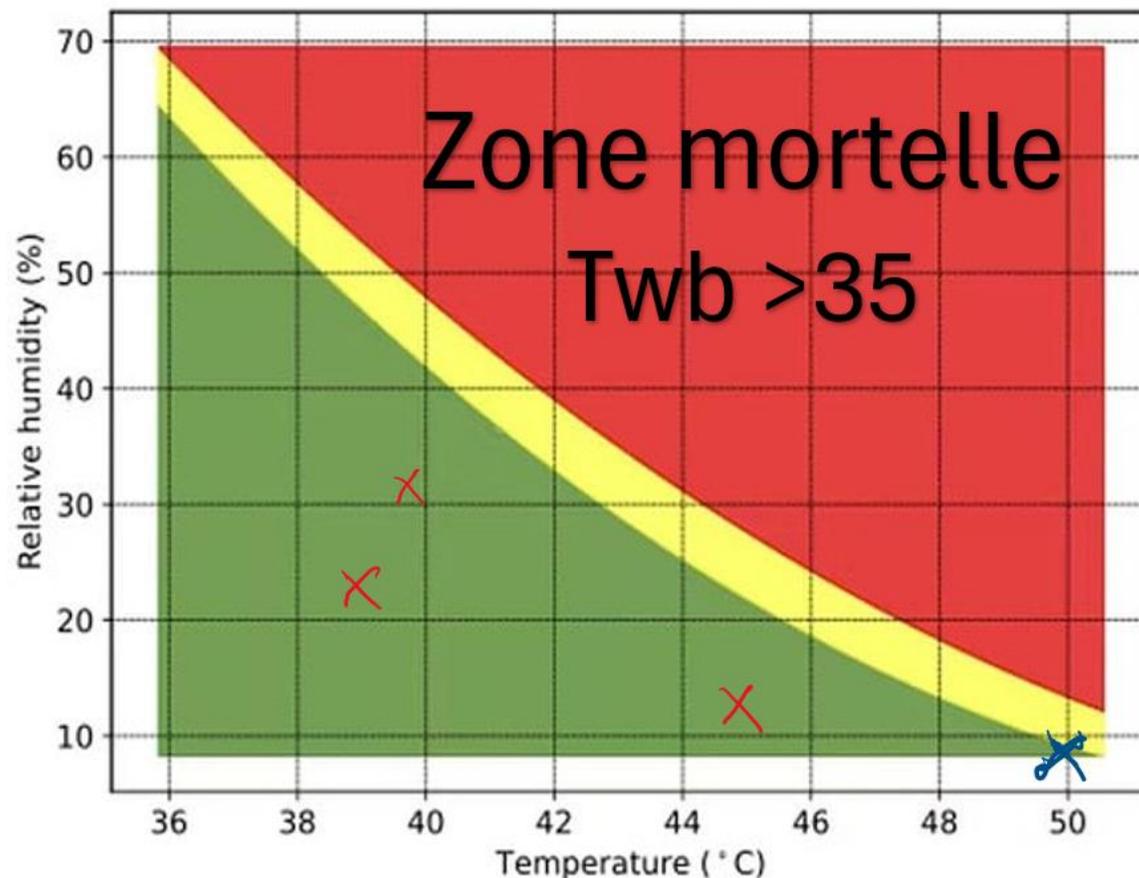
Pour continuer de réfléchir



# Survie d'été

- Canicule ou vague de chaleur extrême ?
- Confort d'été ou survie en été ?
- Twb mortelle à 35°C mais fort risque mortel dès 31°C (pour des personnes jeunes au repos et à l'ombre)
  - Zone jaune entre 30 et 35°C Twb
  - La température intérieure va augmenter d'environ 1°C toutes les 45 minutes
  - Donc au bout de 4 à 6h, 42 à 45°C de température corporelle ?
- La seule défense est l'évaporation de la transpiration
  - Transpirer n'évacue pas de chaleur si l'humidité empêche l'évaporation

Twb = Température humide (Wet Bulb)



Température sèche

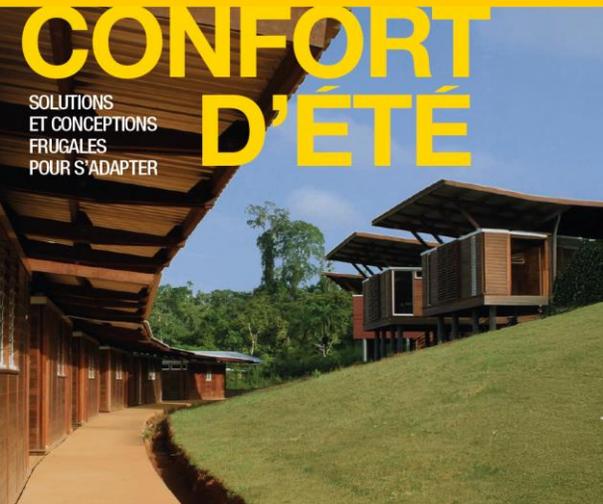
X : quelques records français

X : Lytton Canada 29/6/2021 15h  
(Tout a brûlé le 30/6/2021)



# Mot de la fin

- L'inertie n'est pas une solution miracle et est à manier avec précaution
  - Seul le trop léger est à éviter surtout si nuits tropicales
- Le passif a besoin de moins de masse thermique pour la même inertie
- Le déphasage n'est pas le bon angle d'attaque
- Un peu d'inconfort entraîne nos capacités d'adaptation.



# Pour aller plus loin

- Formations
  - Lyon 4 & 5 décembre SCOP des 2 Rives
  - Dijon 2 & 3 octobre CREPA BFC
  - Montpellier 27 & 28 novembre Fibois

