maisons paysannes de drôme

CAPEB
L'Artisanat du Bâtiment
DRÔME

Le confort d'été

comprendre les phénomènes thermiques qui permettent de choisir les bonnes solutions et les bons matériaux

Bernard Leborne drome@maisons-paysannes.org
Catherine Clair capebdrome@capebdrome.fr

maisons paysannes de drôme

CAPEB L'Artisanat du Bâtiment Drôme

Quelques constats préalables:

Une vieille maison sans isolation reste très fraiche l'été alors qu'elle est glaciale l'hiver même bien chauffée.

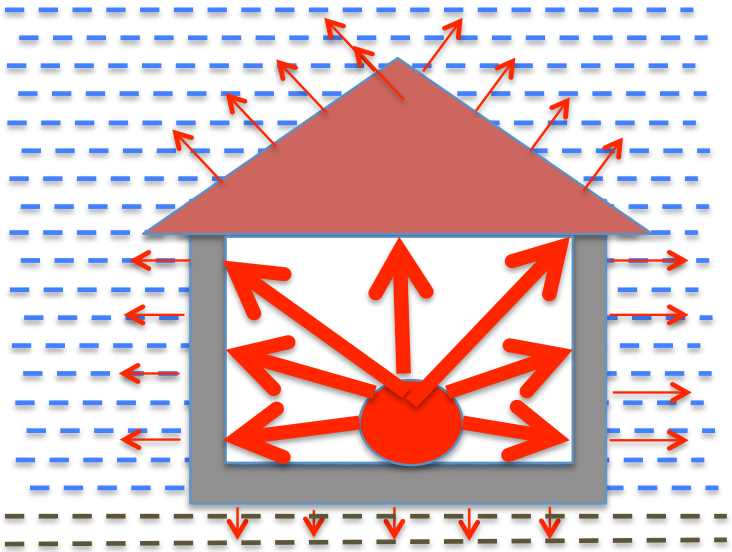
A l'inverse une maison moderne BBC très confortable l'hiver avec peu de chauffage est intenable sans climatiseur lors des canicules.

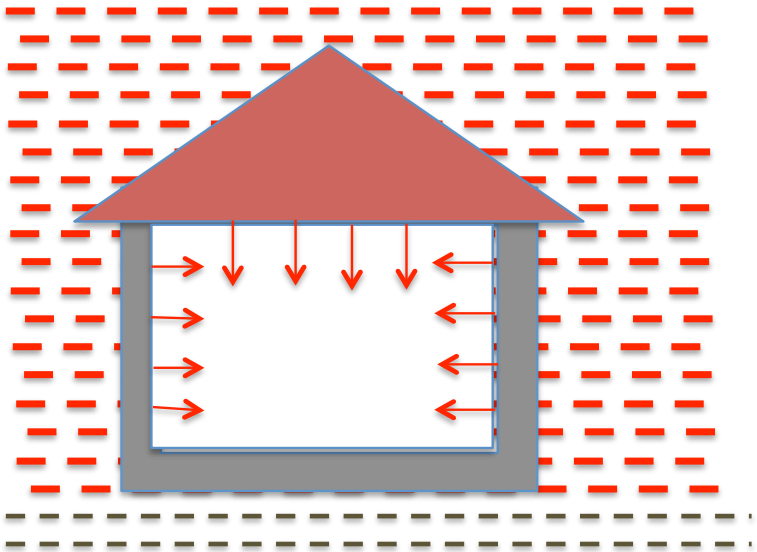
La protection contre le froid et la chaleur répondraient elles à des logiques différentes? On va le voir avec les matériaux.

maisons paysannes de drôme

CAPEB L'Artisanat du Bâtiment Drôme

Différence entre l'été et l'hiver





En hiver:

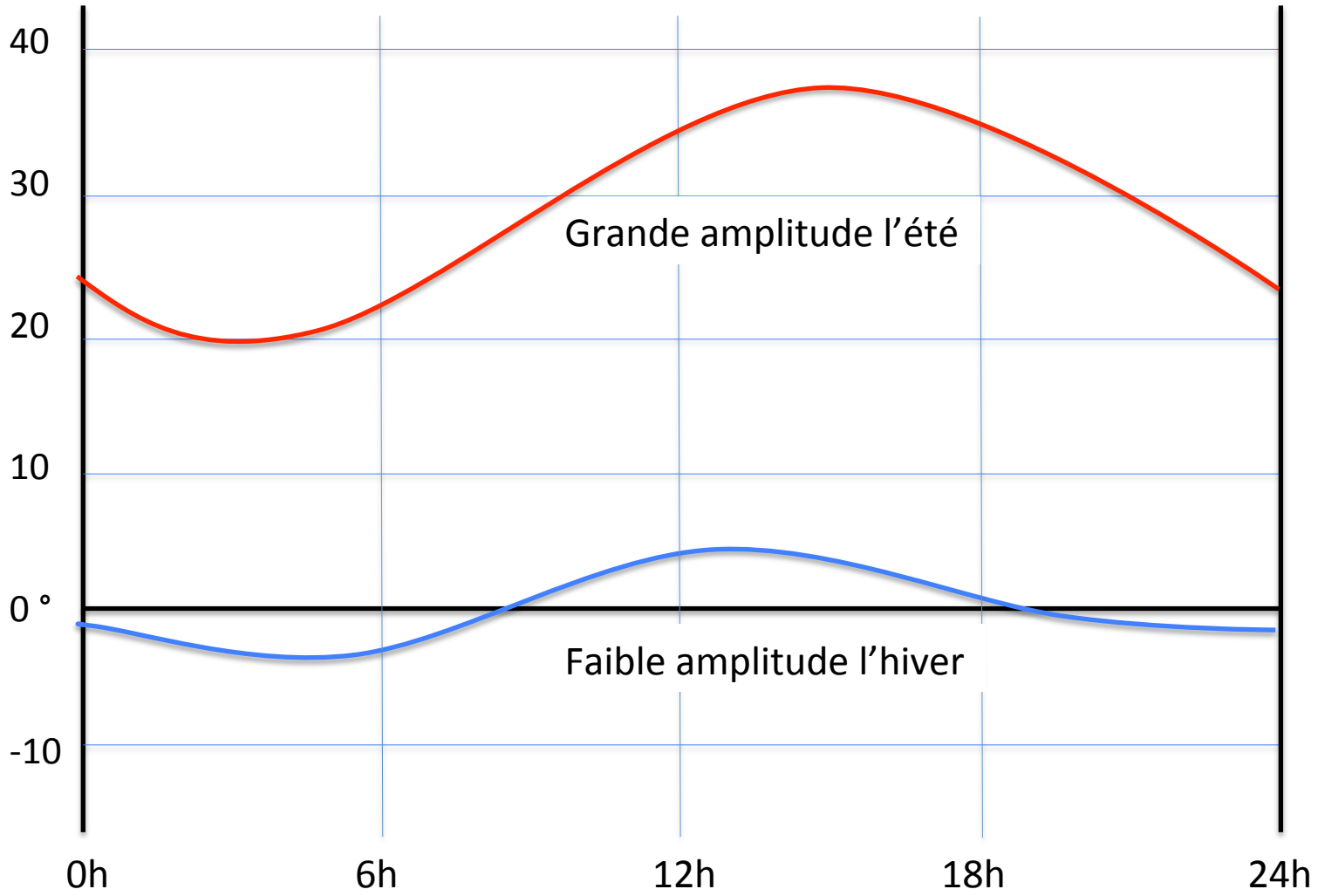
Volume infini de froid jour et nuit autour de la maison, compensé par un apport de chaleur interne par le chauffage

En été

Volume infini de chaleur le jour et un peu de fraicheur la nuit.
Mais aucun apport de froid interne sauf d'utiliser un climatiseur

Variation de température journalière

Été et hiver



Rappel des caractéristiques des matériaux qui interviennent dans les échanges thermiques du bâti

La conductivité thermique « λ» (lambda) caractérise la capacité d'une paroi de matériau d'1 mètre de surface et de 1 mètre d'épaisseur à être traversée par un flux de chaleur lorsque ses deux faces opposées sont soumises à des températures différant de 1°

C'est la caractéristique bien connue pour les isolants. Un bon isolant a un λ de 0,04 W/m.K°

Elle permet de calculer le « R » d'une paroi isolante R = e/λ avec « e » épaisseur d'isolant

maisons paysannes de drôme

CAPEB L'Artisanat du Bâtiment DRÔME

Conductivité thermique « λ » lambda d'un matériau

Matériau	λ W/mK°
Granit	3,00
calcaire dur	2,20
calcaire tendre	1,05
grès	1,01
pisé	1,10
agglo beton de 20	1,15
béton	1,51
beton cellulaire	0,22
beton de chanvre	0,13

Matériau	λ W/mK°
laine de verre	0,04
laine de roche	0,04
ouate cellulose	0,05
chenevotte	0,05
polystyrène exp.	0,04
polystyrène ext.	0,03
verre cellulaire	0,05
laine de bois	0,04
fibre de bois	0,04-0,05
enduit chx chvre proj.	0,07

maisons paysannes de drôme

CAPEB L'Artisanat du Bâtiment Drôme

le coefficient «U» de transmission surfacique d'une paroi

« U » s'exprime par la formule **U = λ / e avec** « e » épaisseur de la paroi,
Il exprime la quantité de chaleur qui « fuit » au travers de la paroi en W / m².K par unité de temps
C'est la vraie grandeur qui permet de qualifier la performance d'isolation.
On l'appelle aussi coefficient de déperdition.

Résistance thermique « R » d'une paroi

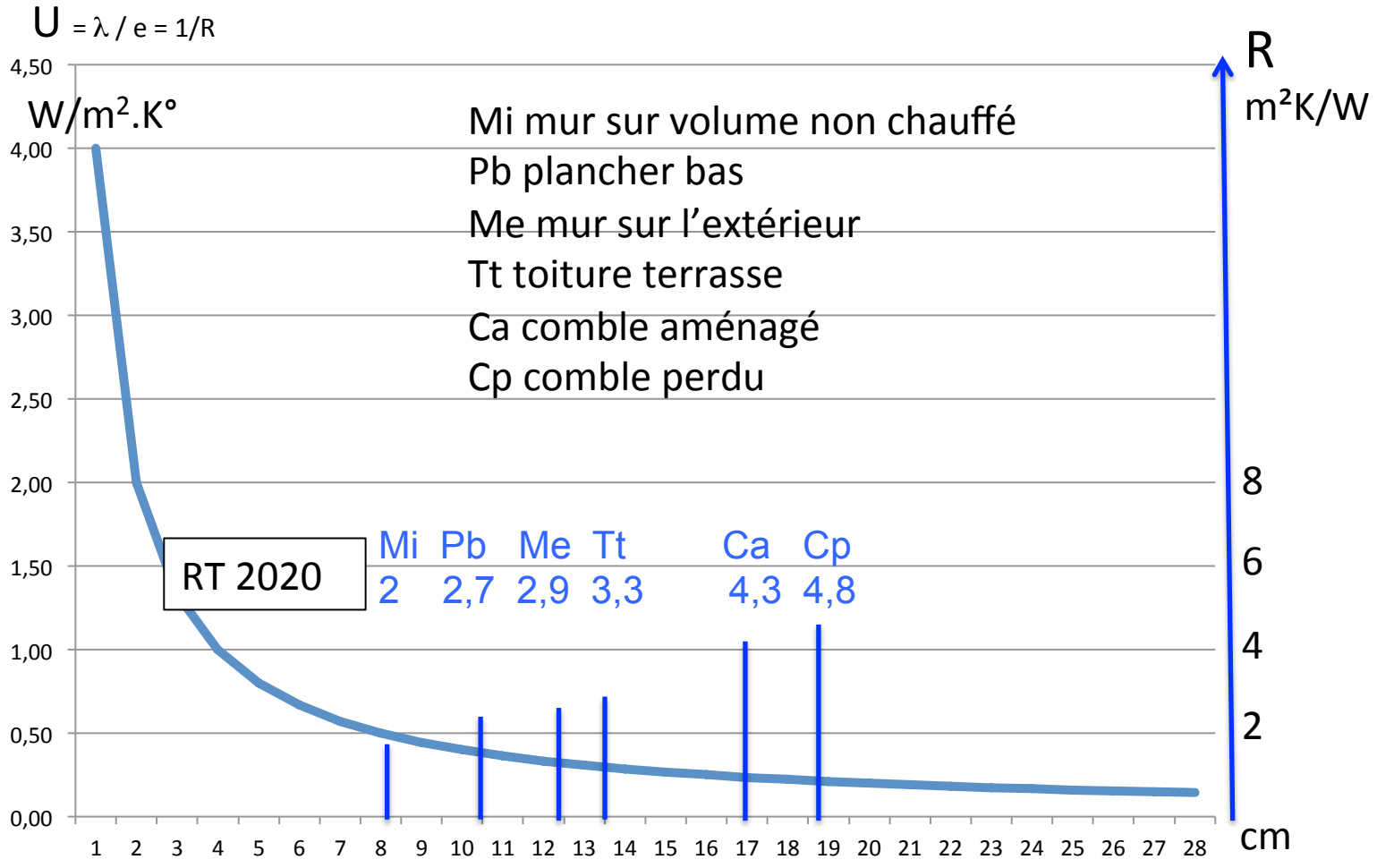
«R » s'exprime par la formule **R = e / λ avec** « e » épaisseur de la paroi.
Donc R = 1 / U
Le « R » n'a pas de réalité physique, il s'exprime en m²K/W

C'est pourtant la grandeur communément utilisée par les normes

maisons paysannes de drôme

CAPEB L'Artisanat du Bâtiment Drôme

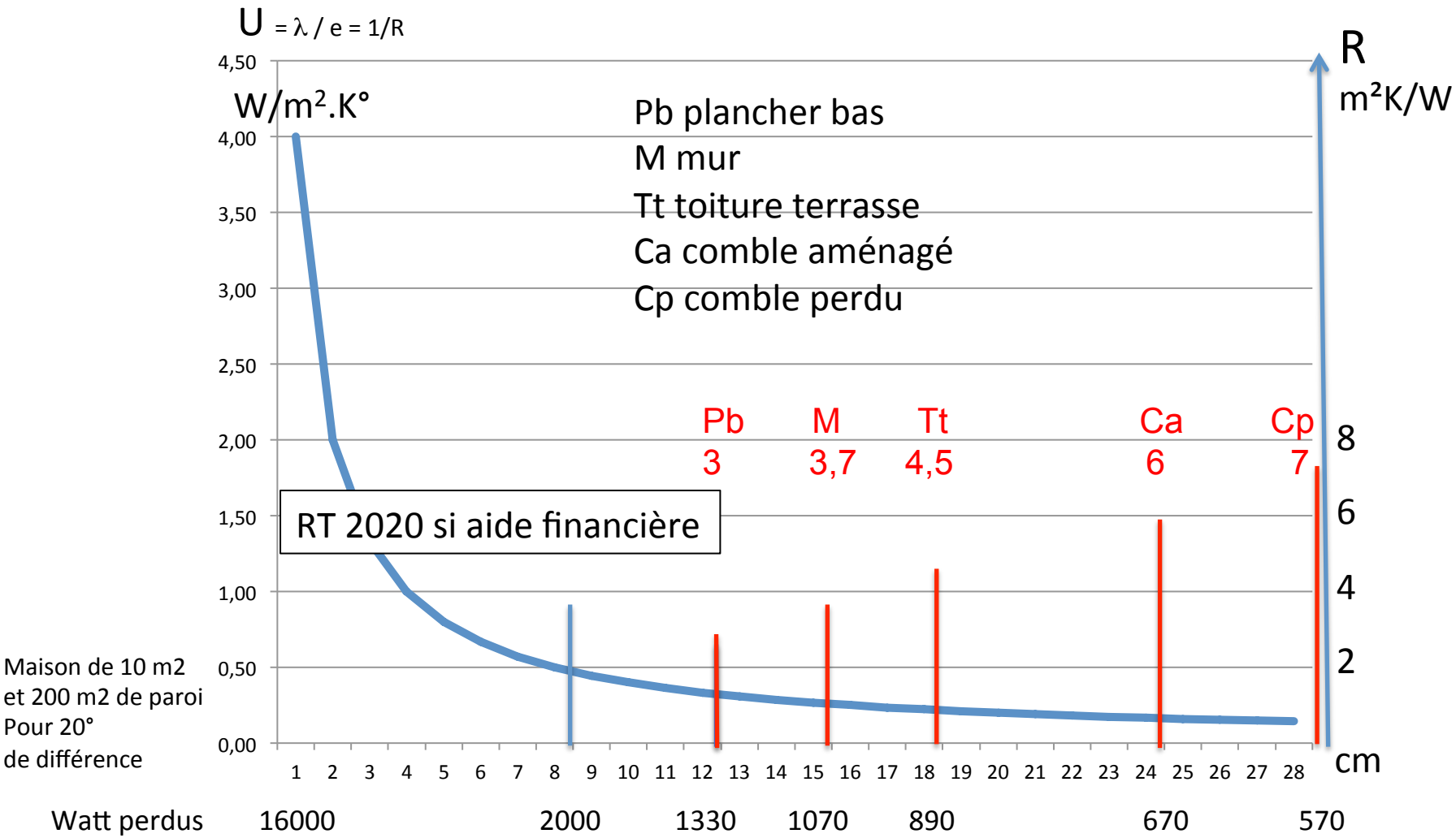
Ce que l'on impose pour le confort d'hiver:
Variation du « R » et du « U » en fonction de l'épaisseur d'isolant



maisons paysannes de drôme

CAPEB L'Artisanat du Bâtiment Drôme

Variation du « R » et du « U » en fonction de l'épaisseur

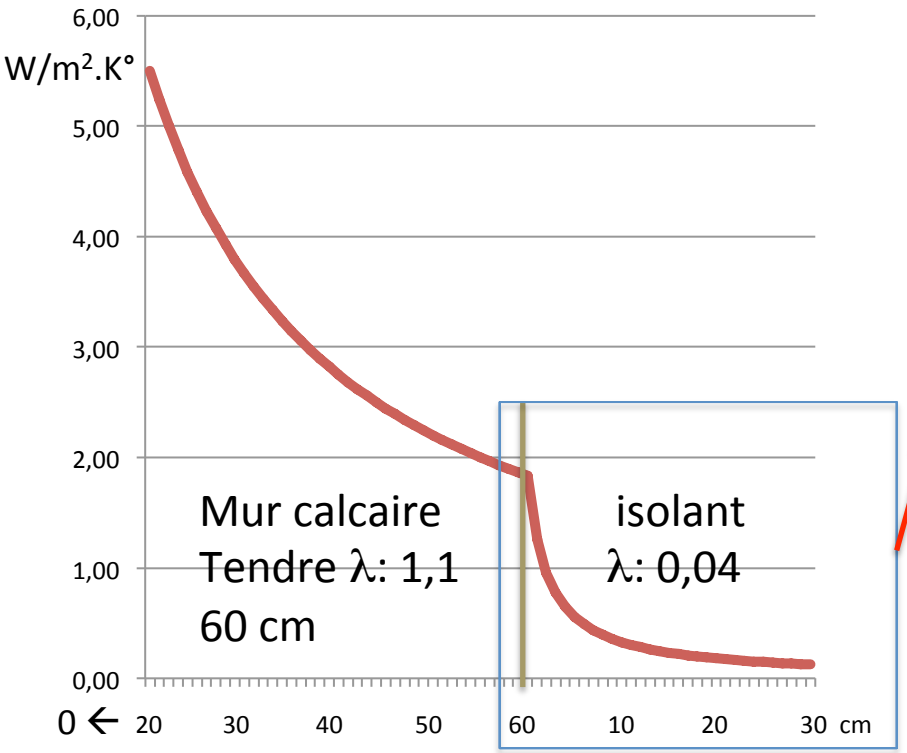


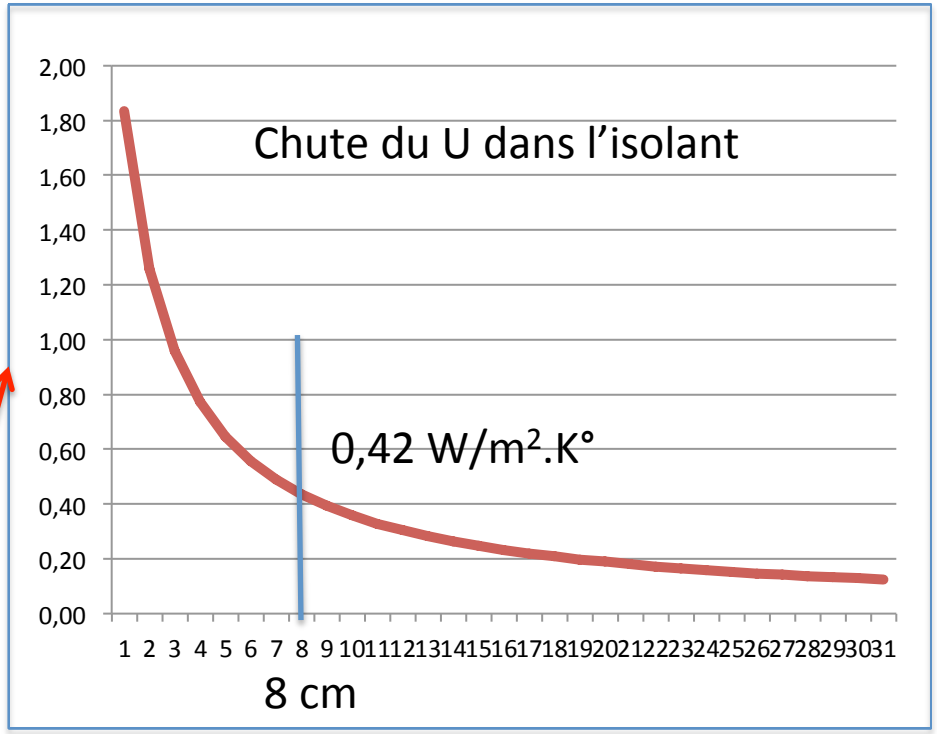
maisons paysannes de drôme

CAPEB L'Artisanat du Bâtiment Drôme

Limitation de la « fuite » thermique au travers d'un mur calcaire tendre isolé

U = 1/R





Donc pour l'hiver:
La résistance thermique d'une paroi qui protège **contre le froid** dépend de la conductivité de l'isolant et de l'épaisseur de la paroi, c'est ce qui concerne les normes « RT »

Mais pour l'été:
La protection **contre la chaleur** dépend d'autres caractéristiques physiques du matériau liées à son inertie thermique, que ne définit encore aucune norme.

Comment cela fonctionne-t-il?

maisons paysannes de drôme

CAPEB L'Artisanat du Bâtiment DRÔME

L'inertie thermique, ou capacité thermique, d'un matériau:

Elle représente la capacité d'un matériau à conserver sa température lorsque qu'il est soumis à une variation extérieure de température, grâce à la chaleur qu'il a emmagasinée.

A chaque matériau correspond une chaleur massique ou volumique qui rend compte de sa capacité à emmagasiner de la chaleur.

Elle se mesure en $J/m^3.K°$ ou en $J/kg.K°$

Les catalogues donnent en général les $J/kg.K°$ il faut donc prendre en compte la différence de masse des matériaux que l'on compare, la meilleure comparaison se fait sur les $J/m^3.K°$

maisons paysannes de drôme

CAPEB L'Artisanat du Bâtiment DRÔME

capacité thermique des matériaux:

Matériau	Capacité thermique volumique kJ/m3K°	Capacité thermique massique J/kgK°	densité kg/m3
laine de verre	21	850	25
laine de roche	40	1000	40
ouate cellulose	88 à 115	1600 à 2100	55
chenevotte	175 à 224	1950	90 à 115
polystyrène exp.	14 à 44	1450	10 à 30
polystyrène ext.	36 à 58	1450	25 à 40
verre cellulaire	96 à 192	800 à 1100	120 à 175
laine de bois 50 kg/m3	105	2100	50
fibre de bois 140 kg/m3	294	2100	140
fibre de bois 260 kg/m3	546	2100	260

L’inertie thermique, ou capacité thermique, d’un matériau:

La quantité de chaleur contenue dans le matériau peut être acquise par **absorption** ou par **transmission**, ce qui va correspondre à deux caractéristiques du matériau:

l’effusivité et la diffusivité.

Ce sont des caractéristiques que l’on trouve dans les fiches techniques des matériaux

maisons paysannes de drôme

CAPEB L'Artisanat du Bâtiment DRÔME

Inertie thermique par absorption de chaleur

L'effusivité thermique « b » caractérise la capacité d'un matériau à échanger de la chaleur avec son environnement, donc à stocker et déstocker de la chaleur;

Plus l'effusivité est élevée plus la chaleur pénètre rapidement la masse du matériau qui agit comme une « éponge thermique ».

A l'inverse plus elle est faible plus la chaleur reste en surface, surface qui s'échauffe rapidement.

$b = (\lambda.\rho.C)^{1/2}$ (racine carrée) en $Wh^{1/2}/m^{1/2}.K°^{1/2}$

L'illustration concrète de l'effusivité est la différence de perception de température entre un morceau de bois et un morceau de métal à température ambiante : la main ne perçoit pas de froid en touchant le bois alors que le métal lui paraît froid longtemps.

C'est que le bois (effusivité 400) absorbe peu de chaleur pour élever sa température à celle de la main (effusivité 1400)
alors que le métal (effusivité 14000) va « pomper » un grand nombre de calories de la main pour élever sa température.

maisons paysannes de drôme

CAPEB L'Artisanat du Bâtiment DRÔME

Inertie thermique par transmission: le déphasage

La diffusivité thermique « a » caractérise la capacité d'un matériau à transmettre plus ou moins rapidement une variation de température appliquée sur sa paroi.
Plus elle est faible plus le front de chaleur mettra de temps à traverser la paroi.
$a = \lambda/\rho.C$ en m^2/h

- > La vitesse de transfert « vt » caractérise la vitesse avec laquelle le front de chaleur pénètre un matériau.
$Vt = 72,5.a^{1/2}$ en cm/h

maisons paysannes de drôme

CAPEB L'Artisanat du Bâtiment Drôme

Inertie thermique par transmission: le déphasage

La vitesse de transfert « vt »

L'intérêt de cette caractéristique est le déphasage de la pénétration de la chaleur qui en résulte.

En effet selon la nature du matériau le temps mis par la vague de chaleur est de plusieurs heures, plus la vitesse de transfert sera faible plus le déphasage sera grand, si bien qu'en choisissant bien le matériau on peut retarder d'un grand nombre d'heures la pénétration de la chaleur, et donc la décaler au moment où la fraicheur de la nuit vient compenser cet échauffement.

maisons paysannes de drôme

CAPEB L'Artisanat du Bâtiment DRÔME

Vitesse de transfert thermique

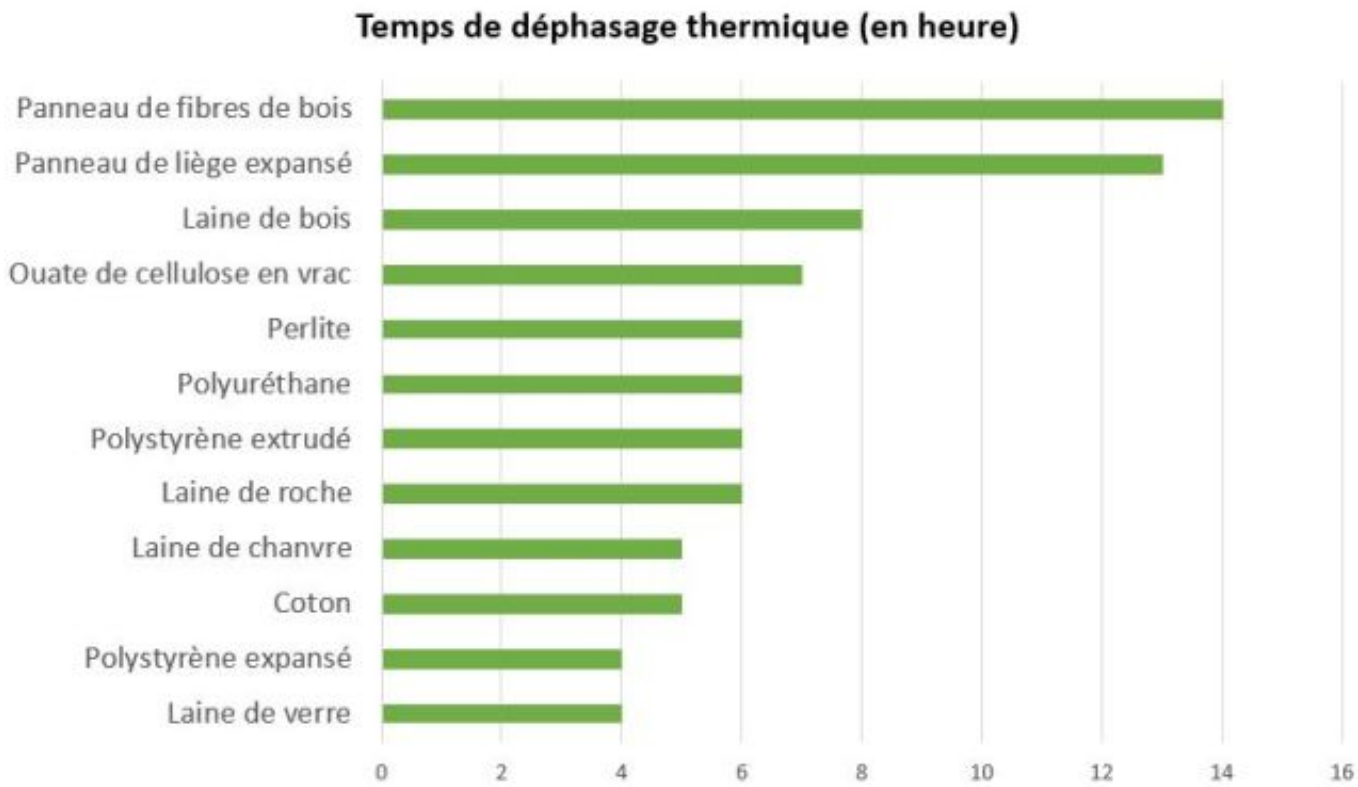
Matériau	a diffusivité m2/h	Vt vitesse de transfert cm/h
laine de verre	0,0149	8
laine de roche	0,0063	5,8
line de mouton	0,0061	5,6
polystyrène exp.	0,0041	6
laine de chanvre	0,0040	4,6
polystyrène ext.	0,0025	4
ouate de cellulose	0,0021	3,3
laine de bois 50 kg/m3	0,0005	3,4
fibre de bois 140 kg/m3	0,0003	2,4
fibre de bois 260 kg/m3	0,0002	1,7

Matériau	λ W/mK°	VT cm/h
Granite	3,00	5,6
calcaire dur	2,20	4,7
calcaire tendre	1,05	3,8
grès	1,01	4,0
pisé	1,10	3,7
agglo beton de 20	1,15	4,8
béton coulé	1,51	4,1
beton cellulaire	0,22	2,8
beton de chanvre	0,13	3,1

maisons paysannes de drôme

CAPEB L'Artisanat du Bâtiment Drôme

Déphasage de la variation thermique en fonction du matériau



Pour 25 cm d'épaisseur d'isolant ou 50 cm de mur

maisons paysannes de drôme

CAPEB L'Artisanat du Bâtiment DRÔME

Inertie thermique par transmission de chaleur: amortissement thermique

Cet amortissement de l'amplitude de variation est caractérisé par la notion de « profondeur de peau thermique »

La « profondeur de peau thermique » « δ » (delta) est, par convention, la profondeur du matériau à laquelle l'amplitude de la variation de température à laquelle est soumise une face est divisée par e = 2,7 (constante d'Euler) en arrivant sur l'autre face.

$d = (a.P/p)^{1/2}$ en mètre, P étant la période en heures

maisons paysannes de drôme

CAPEB L'Artisanat du Bâtiment DRÔME

La « profondeur de peau thermique » « δ » (delta)

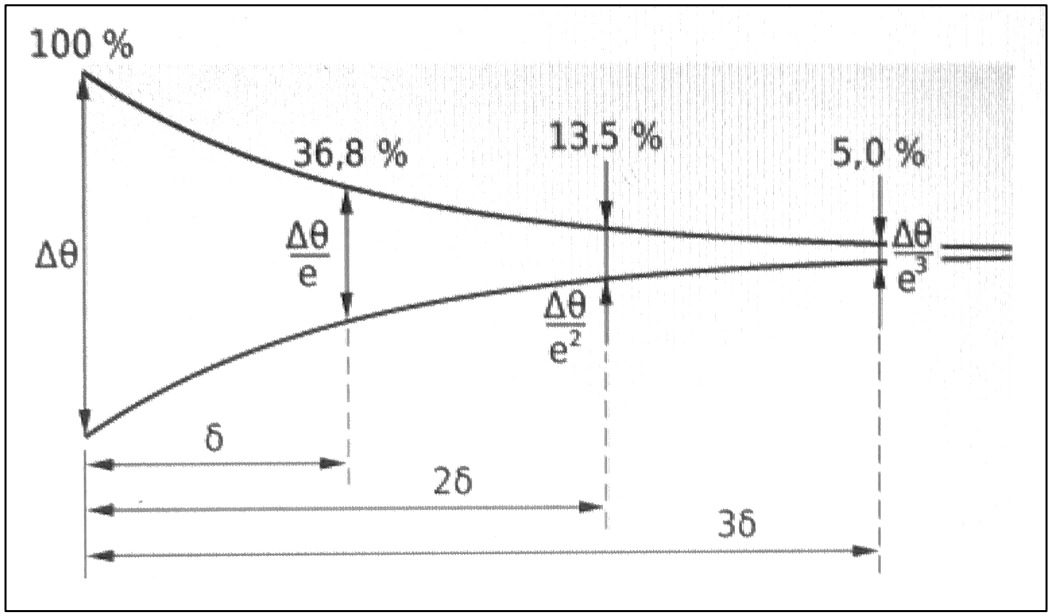
Matériau	profondeur de peau thermique cm
laine de verre	33
laine de roche	22
ouate cellulose	13
chenevotte	7
polystyrène exp.	14
polystyrène ext.	18
verre cellulaire	11
laine de bois	8
fibre de bois	5
enduit chx chvre proj.	9

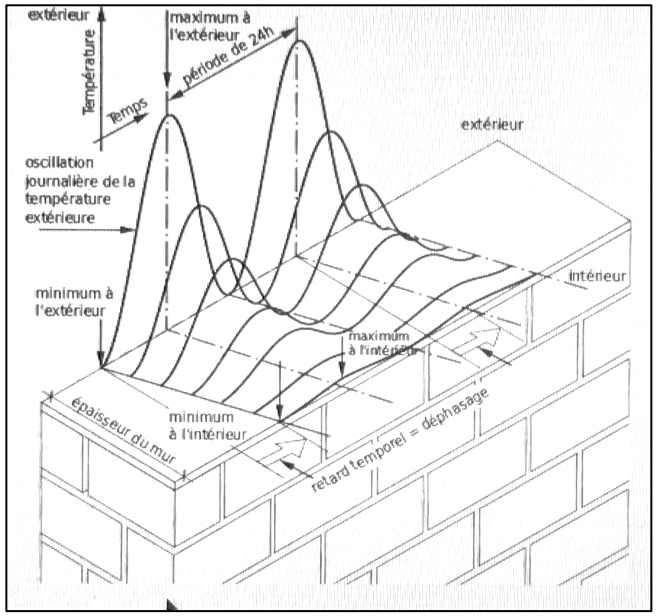
Matériau	δ cm
Granit	22
calcaire dur	18
calcaire tendre	15
grès	15
pisé	14
agglo beton de 20	18
béton	16
beton cellulaire	11
beton de chanvre	12

maisons paysannes de drôme

CAPEB L'Artisanat du Bâtiment DRÔME

Atténuation de la variation thermique en fonction de l'épaisseur





Physique du bâtiment 1. édition, 2014 ISBN:978-3-7281-3445-5

Amplitude thermique résiduelle en fonction de l'épaisseur

Fibre de bois:	5cm : 36,8%	10 cm: 13,5%	15 cm: 5% divisé par 20!!!
Ouate de cel.	12,7cm: 36,8%		
Laine de roche	22 cm: 36,8 %		
Laine de verre	33 cm: 36,8%		

maisons paysannes de drôme

CAPEB L'Artisanat du Bâtiment DRÔME

Amortissement thermique

La profondeur de peau thermique « d » (delta)

L'intérêt de cette caractéristique est l'amortissement des extrêmes de température entre le jour et la nuit, les maxima de température diurne ne traversent jamais la paroi.

Si l'amplitude journalière va de 30° le jour à 20° la nuit, soit 10°, cette amplitude n'est plus que de 10/2,7 = 3,7°
et la plage de variation au niveau de la profondeur de peau n'est plus que 27°- 23° environ.

Plus la profondeur de peau est faible plus l'amortissement sera grand pour la même épaisseur de paroi.

maisons paysannes de drôme

CAPEB L'Artisanat du Bâtiment DRÔME

Matériau	amortissement mur de 50 cm coefficient
Granit	> 8
calcaire dur	> 18
calcaire tendre	> 20
grès	> 20
pisé	> 20
agglo beton de 20	> 2,5
béton	> 2,5
beton cellulaire	> 7

Matériau	amortissement coefficient
laine de verre	< 1,5
laine de roche	< 2
ouate cellulose	> 2,5
chenevotte	> 12
polystyrène exp.	< 2
polystyrène ext.	> 2
verre cellulaire	> 2,5
laine de bois 50 kg/m3	>3
fibre de bois 140 kg/m3	> 7
fibre de bois 260 kg/m3	>12
enduit chaux chanvre proj.	>7

maisons paysannes de drôme

CAPEB L'Artisanat du Bâtiment Drôme

Exemple d'amortissement, catalogue Steico

140 mm de laine de bois souple et épaisseur supplémentaire de « Steico special » rigide

Épaisseur	amortissement	déphasage
140 + 60	5	9,7 heures
140 + 80	7	11,2 heures
140 + 100	10	12,7 heures
140 + 120	14	14,1 heures

maisons paysannes de drôme

CAPEB L'Artisanat du Bâtiment DRÔME

En résumé pour se protéger de la chaleur estivale il faut rechercher :

- le déphasage maximal pour retarder la pénétration de la chaleur à une heure où la fraicheur de la nuit va compenser cette chaleur, donc une vitesse de transfert « V »t la plus faible possible,
donc une **diffusivité « a » minimale**

- l'amortissement maximal pour affaiblir au maximum la température qui traverse la paroi, donc une « profondeur de peau » « d » minimale, donc une **diffusivité « a » minimale**.

- le maximum d'inertie thermique pour piéger dans la paroi un maximum de chaleur qui ne traversera pas,
donc une **effusivité « b » maximale.**

-> Choisir pour l'hiver l'isolant répondant à ces besoins d'été

maisons paysannes de drôme

CAPEB L'Artisanat du Bâtiment DRÔME

Quatre éléments interviennent dans le confort d'été:

- Les murs
- le toit

Mais aussi

- Les fenêtres
- La VMC

La problématique est assez différente entre les maisons modernes et celles en matériaux non industriels (<1945)

maisons paysannes de drôme

CAPEB L'Artisanat du Bâtiment Drôme

Les murs

Leur matériau constructif confère aux murs traditionnels un fort déphasage et un fort amortissement,
Ils sont moindres pour les murs en matériaux industriels,

mais ces murs n'ont aucune qualité isolante
Pour l'hiver …

Matériau	λ W/mK	déphasage heures	amortissement mur de 50 cm coefficient
Granit	3,00	8,9	> 8
calcaire dur	2,20	10,6	> 18
calcaire tendre	1,05	13,2	> 20
grès	1,01	12,5	> 20
pisé	1,10	13,5	> 20
agglo beton de 20	1,15	4,2	> 2,5
béton coulé	1,51	4,9	> 2,5
beton cellulaire	0,22	7,1	> 7
beton de chanvre	0,13	6,5	>15

maisons paysannes de drôme

CAPEB L'Artisanat du Bâtiment DRÔME

Les murs

Les murs traditionnels n'ont besoin d'aucun ajout pour apporter le confort d'été. (déphasage > 10h)
Il suffit de les isoler pour le confort d'hiver.

Les murs en matériaux industriels ne conviennent pas au confort d'été. (déphasage <5h)
c'est le choix d'un isolant d'hiver approprié qui leur apportera le confort d'été:

maisons paysannes de drôme

CAPEB L'Artisanat du Bâtiment Drôme

Pour les murs en matériaux industriels il faut donc prévoir un isolant apportant déphasage et amortissement -> Fibre de bois ou enduit chaux chanvre projeté à la machine.

Tableau pour 24 cm

Matériau	λ W/mK°	déphasage heures	amortissement coefficient
laine de verre	0,04	2,7	< 1,5
laine de roche	0,04	4,1	< 2
ouate cellulose	0,05	7,3	> 2,5
chenevotte	0,05	11,4	> 12
polystyrène exp.	0,04	4,0	< 2
polystyrène ext.	0,03	6,0	> 2
verre cellulaire	0,05	8,0	> 2,5
laine de bois 50 kg/m3	0,04	7,0	>3
fibre de bois 140 kg/m3	0,04	10,0	> 7
fibre de bois 260 kg/m3	0,05	14,0	>12
enduit chaux chanvre proj.	0,07	10,0	>7

maisons paysannes de drôme

CAPEB L'Artisanat du Bâtiment DRÔME

Le toit

Le problème se pose de la même façon pour les maisons anciennes et les maisons modernes car les matériaux de couverture sont restés assez semblables si l'on exclut les toits de chaume et les toits de lauze qui offrent des caractéristiques thermiques différentes.

Pour le confort d'été on privilégiera les isolants d'hiver à fort déphasage et à forte atténuation:

- Les panneaux de fibre de bois et les caissons de chaux chanvre en rampant Le sarking est idéal
- La fibre de bois ou la ouate de cellulose projetées en comble perdu

Les toits de chaume

Ils offrent à la fois une bonne isolation d'hiver et une bonne inertie thermique l'été, comme l'offraient les greniers pleins de foin jadis.

Les toits de lauze

Ils offrent une bonne inertie thermique par leur masse et leur matériau (350 kg par m2), mais aucune isolation pour l'hiver

maisons paysannes de drôme

CAPEB L'Artisanat du Bâtiment Drôme

Les fenêtres

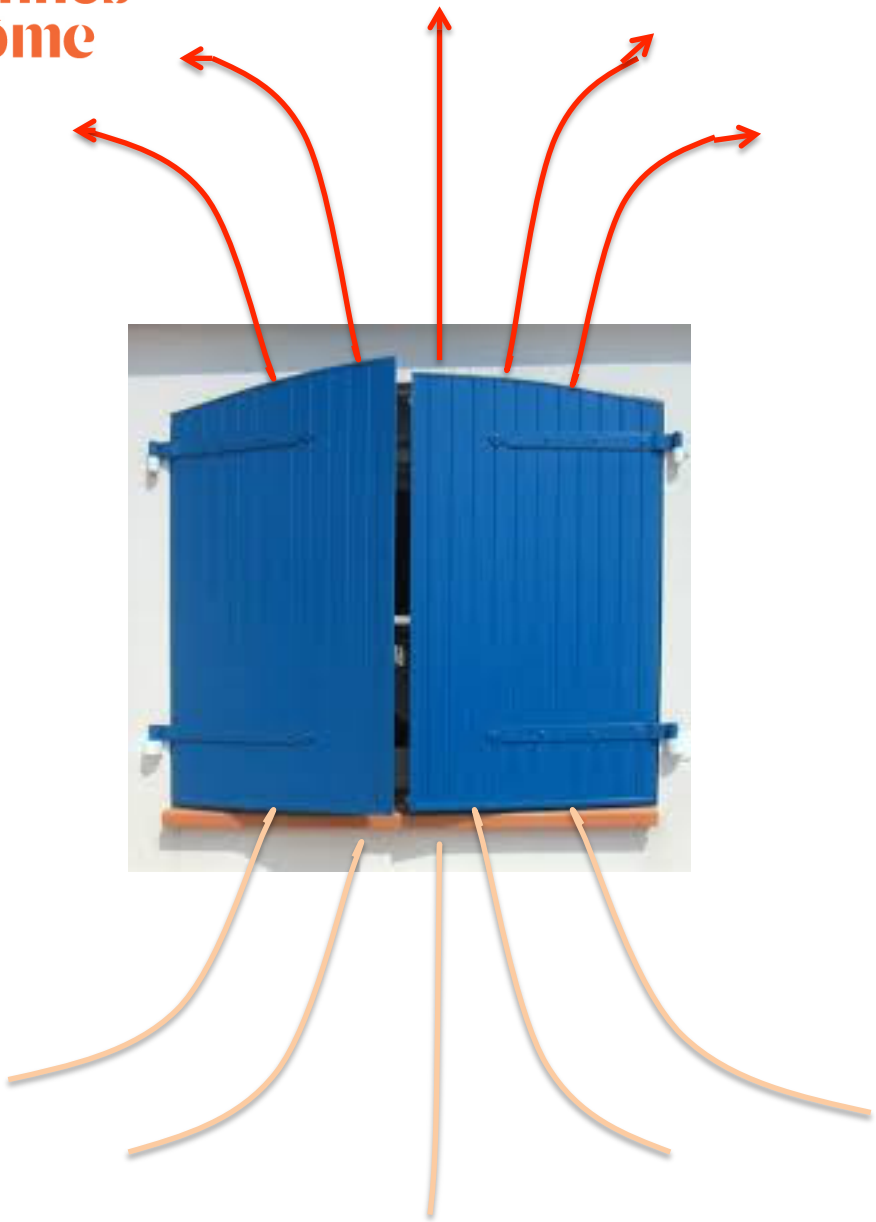
Les fenêtres sont le point faible du confort d'été (comme du confort d'hiver d'ailleurs… R du double vitrage = 0,33)

Leur matériau n'offre aucune inertie thermique, donc ni déphasage ni atténuation.

Pour permettre le confort d'été il faut empêcher la chaleur extérieure de rentrer par des volets de bois épais que l'on laisse entrebaillés pour permettre à l'air échauffé de s'échapper par le haut.

maisons
paysannes
de drôme

CAPEB
L'Artisanat du Bâtiment
DRÔME



maisons paysannes de drôme

CAPEB L'Artisanat du Bâtiment DRÔME

La V.M.C.

Quelques réflexions sur la VMC

Une maison de 100 m2 a un volume de 250 m3.

La VMC pour respecter la norme doit extraire 90 à 210 m^3/h (mini/ nominal) soit 2140 à 5040 m^3/jour, -> 8 à 20 fois le volume de la maison.
En été les heures chaudes durent environ 15 à 18h, pendant lesquelles la VMC fait entrer l'air chaux extérieur, et ne fait entrer de l'air frais que pendant les 5 à 6h fraiches de la nuit.

Il faudrait couper la VMC et ne la mettre en route en débit accéléré que pendant les heures fraiches… et surtout ouvrir les fenêtres pendant ces heures pour créer un courant d'air qui rafaichisse les murs qui auront été traversés par le flux de chaleur déphasé.

maisons paysannes de drôme

CAPEB L'Artisanat du Bâtiment DRÔME

La V.M.C.

Quelques réflexions sur la VMC (2)

Et la VMC double flux?

C'est « moins pire » car l'air intérieur moins chaud croise l'air extérieur plus chaud et abaisse un peu sa température, mais cycle après cycle l'air intérieur finit par atteindre la température de l'air extérieur.

Donc comme pour la simple flux il est nécessaire de la couper une grande partie de la journée…. Et d'ouvrir les fenêtres aux heures fraiches de la nuit!

maisons paysannes de drôme

CAPEB L'Artisanat du Bâtiment DRÔME

En conclusion

Des choix de matériaux appropriés et quelques comportements adaptés sont de nature à apporter de façon passive le confort dont nous avons de plus en plus besoin l'été, sans avoir recours à la climatisation énergivore et polluante.

Ne dépensons pas l'été en climatisation ce que l'isolation d'hiver nous a fait économiser….

Une étude sur 10 logements a montré que l'on dépensait en climatisationl'été entre 20 et 40 % des dépenses de chauffage l'hiver.

maisons paysannes de drôme

CAPEB L'Artisanat du Bâtiment Drôme

Témoignage 1/5

Claude Chosson, Maison ancienne à Grâne

Isolation toiture avec 20 cm de fibre de bois dense (120 kg/m3)

Sans climatisation jamais plus de 25° dans les pièces sous toiture

maisons paysannes de drôme

CAPEB L'Artisanat du Bâtiment DRÔME

Témoignage 2/5

Pascal Vincent, Maison ancienne à Saint Restitut

Isolation toiture avec 30 cm de fibre de bois dense (120 kg/m3)
Isolation des murs en pierre de 50 cm avec chaux chanvre banché de 15 cm

Sans climatisation la maison
reste fraiche l'été
malgré une exposition plein sud

maisons paysannes de drôme

CAPEB L'Artisanat du Bâtiment Drôme

Témoignage 3/5

Bernadette Sauzée, Maison de 1955 à Romans sur Isère

Isolation toiture avec 8 cm de fibre de bois dense (120 kg/m3) en plusieurs couches selon les endroits

Sans climatisation les chambres sous le toit sont redevenues habitables l'été

Témoignage 4/5

Exemple du service habitat de Valence Romans Agglo

maisons paysannes de drôme

CAPEB L'Artisanat du Bâtiment DRÔME

Témoignage 5/5 contre exemple

Yves Jacot, Maison ancienne à la Garde Adhémar

Isolation toiture avec 24 cm de laine de bois peu dense (50 kg/m3)

Forte déception car dès 16h la chaleur pénètre la pièce

NORMAL, le déphasage de 7h de la laine de bois est insuffisant les jours où dès 9 ou 10h le matin la chaleur atteint déjà 30°

ATTENTION A LA DENSITE DE L'ISOLANT