

Principes du stockage de la chaleur

N'avez-vous jamais été surpris, en entrant dans une vieille maison aux murs épais, de la fraîcheur qui y régnait au plus fort de l'été ? Quel mécanisme rend cela possible ? C'est l'effet de masse thermique des matériaux dont elle est constituée, qui ont stocké de la fraîcheur l'hiver et la restituent peu à peu au cours de l'été (et inversement, au cours de l'hiver, la chaleur emmagasinée l'été). Tout matériau, pierre, eau, etc., possède à des degrés divers (voir le tableau page 43) cette capacité de stockage.

Si, en pleine canicule, la température extérieure est de 41 °C, la masse thermique d'une telle maison peut être à 16 °C ; elle absorbe alors l'excédent de chaleur et refroidit votre intérieur. En revanche, en plein hiver, si cette masse est à 7 °C, vous mettrez longtemps à réchauffer la maison, car elle a stocké du froid... A contrario, n'avez-vous jamais constaté que lorsque survient un refroidissement brutal, il n'est pas nécessaire de commencer à chauffer ce type de maison tout de suite ?

Isoler une maison sans lui permettre de stocker le chaud ou le frais est un non-sens, car l'air chaud ne pèse rien : 1 m³ d'air, même saturé de vapeur d'eau, ne pèse que 1,5 kg, et tout s'envole à la moindre ouverture de fenêtre, de porte... Ainsi les chalets aux parois très fines (que celles-ci soient ou non parfaitement isolées par de la laine de roche et/ou un isolant mince) n'ont presque aucune densité, aucune masse. Le bois, qui est un bon isolant par lui-même, ne peut alors stocker presque aucune chaleur, aucune fraîcheur.

À l'inverse, c'est le principe du stockage de la chaleur qui permet à un poêle de masse de ne fonctionner que 2-3 h par jour : la nuit, quand le feu est éteint, la masse située tout autour du poêle, réchauffée par le feu, chauffe.

Dans toute maison, il faut donc une masse thermique importante, soit un volume de stockage important. À titre d'exemple, certaines maisons bioclimatiques sont incroyablement massives : elles présentent jusqu'à 50 t de masse thermique pour une surface de 60 m², voire davantage si l'on y inclut le sol. Soit un peu moins de 1 t de masse très dense au mètre carré. Une maison équivalente en parpaings pèse environ 25 t, soit 500 kg/m². Mais ces 500 kg ne sont pratiquement pas utilisés pour la conservation de la chaleur car la masse se trouve calfeutrée par l'isolant, selon le principe très franco-français de l'isolation par l'intérieur.

Pour calculer la masse thermiquement utilisable, il faut tout prendre en compte. Nous prendrons l'exemple d'une maisonnette telle que la nôtre de 30 m², recouverte d'un toit végétal. On additionne le poids du toit (3 t) ; le poids des buttes de terre adossées aux murs (3 t) ; dans la maison elle-même, celui des dalles et chapes du sol (1 t), celui d'éléments divers et variés de l'aménagement intérieur (bois, plaques Fermacell – les plaques de plâtre habituelles sont trop légères – , celui du mobilier (évalué à 1 t) ; celui, le cas échéant, du poêle de masse (2 t) ; on comptera aussi l'éventuel ballon d'eau chaude (250 l).

Au total, dans cet exemple, la masse thermique représente 10 t, soit plus de 300 kg/m² mobilisés pour le stockage de chaleur l'hiver ou de fraîcheur l'été, ce qui n'est pas mal !

Calculer la chaleur à mettre en réserve

Si l'on veut élever 1 g d'eau de 1 °C, il faut lui donner 1 calorie, ou 4,184 J. Rappelons que la puissance de chauffage s'exprime en kilojoules (1 kJ = 1 000 J), en watts ou, de préférence, en kilowattheures (1 kWh = 3 600 kJ). Les fabricants de poêles définissent la puissance moyenne de leurs appareils en kilowatts (poêle de 4, 7, 10 kW, etc.) ; EDF, quant à elle, facture l'électricité en kilowattheure (1 kWh c'est aussi l'énergie consommée par une lampe de 100 W pendant 10 h).



Les Baronnet font certainement partie, en France, des pionniers de l'habitation autonome et passive. Leur prototype, aux murs en paille et en terre, ne demande à être chauffé qu'à partir du mois de janvier ! Et très peu : l'inertie thermique est telle qu'il suffit seulement de chauffer de quelques degrés. Cet exemple se visite en Loire-Atlantique.

Correspondances joules/calories/wattseure

		joule(s)	calorie(s)	watt(s)heure
1 calorie	... correspond à...	4,184	1	0,00162
1 joule	... correspond à...	1	0,239	0,00277
1 wattheure	... correspond à...	3 600	860,42	1

Si, par exemple, on veut élever la température d'une marmite d'eau de 10 l de 15 °C à 56 °C, il faudra lui fournir 410 000 calories (ou 1 715 440 J, ou 1 715,44 kJ, ou encore 0,47 kWh), soit 0,011 kWh par degré gagné ; inversement, en se refroidissant, les 10 l d'eau chaude restituent 0,011 kWh par degré perdu.

Quand la maison se refroidit, dans la nuit, les 10 l ne restituent pas leur chaleur d'un coup : selon notre exemple, ils mettent 12 h pour passer de 46 °C à 20 °C (dans une pièce qui est elle-même passée de 17,5 °C à minuit à 11 °C à 8 h du matin, les températures extérieures chutant de 13 °C à - 1 °C).

En conclusion, pour qu'une masse d'eau chauffée à 56 °C restitue sa chaleur selon le rythme de refroidissement de notre exemple, pour qu'elle produise, disons, autant de chaleur qu'un petit poêle utilisé à feu doux pendant 8 h, il faut donc qu'elle soit capable de produire 8 kW, soit 1 kWh.

Pour une maison de 30 m², une réserve d'eau de 454 l, capable de stocker 21 kWh, sera nécessaire. Pour assurer ce stockage, il faudra faire marcher son poêle de masse 3 h à régime fort. À titre de comparaison, un stère de bois bien sec représente 1 500-2 000 kWh : à ce rythme, il peut être épuisé en 60 jours, ce qui correspond à 1 € de chauffage par jour si le prix du stère est de 60 €.

Faire entrer la chaleur ou la fraîcheur dans les matériaux de stockage

Rappelons que le principe d'une maison passive est de ne chauffer l'hiver qu'en dernier recours, pour utiliser son poêle ou sa chaudière au minimum et, l'été venu, de ne pas employer de moyen coûteux pour rafraîchir.

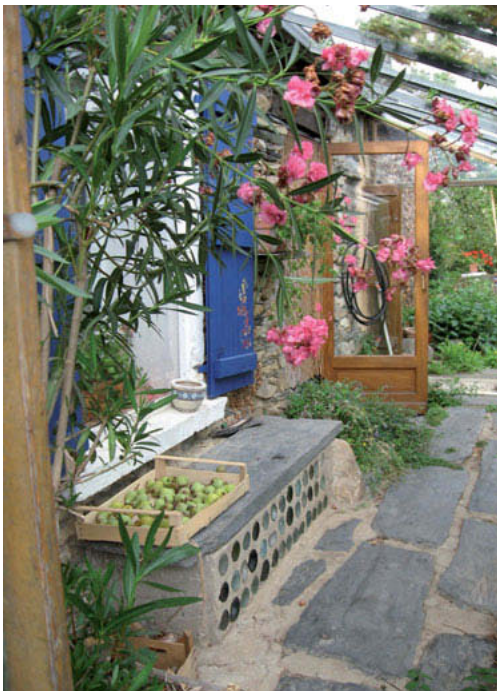
Chaque été, vous pouvez constater que la chaleur gagne peu à peu les profondeurs de la masse de votre maison : les parpaings si elle est en parpaings, les plâtres, le sol, le carrelage. C'est une imprégnation naturelle, qui s'opère par deux voies :

- les courants d'air chaud, qui déposent leurs calories sur les parois par convection (l'effet chauffant du vent est aussi important que son effet refroidissant) ;
- l'exposition directe aux rayons du soleil, par exemple quand ceux-ci réchauffent par radiation le carrelage du salon ou de la véranda.

Une maison passive se contente d'optimiser ces phénomènes naturels en organisant les flux de chaleur et de fraîcheur.

Commencez par observer votre maison ou votre appartement : vous avez un salon orienté au sud avec de grandes baies lumineuses ? Le sol y est recouvert de moquette ou d'un parquet flottant ? C'est ce qui explique qu'en hiver ce sol ne stocke pratiquement pas de chaleur. Pourquoi ne pas poser des tommettes en terre cuite de façon que les rayons du soleil les réchauffent ? Contre les chaleurs de l'été, vous devrez au contraire ajouter des stores.

Pourquoi, aussi, ne pas changer notre façon de penser le mobilier et le transformer en stockeur de chaleur ?



Dans cet exemple, qui nous vient encore des Baronnet, notez le banc formé de bouteilles remplies d'eau prises dans le béton. C'est un grand stockeur de chaleur, qui permet de ne pas investir dans une véranda à double vitrage (quand il fait 10 °C à l'extérieur, l'intérieur de la serre est à 20 °C s'il a fait beau).

Pour créer des masses thermiques, nous recommandons l'emploi des briques en terre crue (voir la série d'exemples pages suivantes) : gratuites – dans la mesure où le matériau peut se récolter sur le terrain –, elle sont en outre très faciles à mettre en œuvre.

Pour faire une brique, il faut :

- prendre une terre sablo-argileuse, ramassée sous la couche d'humus ;
- l'émotter, la débarrasser de ses éléments végétaux ;
- l'arroser de façon à créer une pâte mi-molle, à la limite de la boue ;
- laisser reposer 48 h pour que les mottes se délitent et que l'ensemble s'homogénéise ;
- malaxer ;
- réhydrater ;
- incorporer de la paille hachée, voire des aiguilles de pin, de quelques centimètres de longueur (10 à 20 kg pour 1 m³, ou 30 % du volume de terre) ;
- mouler dans un moule en bois de la dimension d'une grosse brique (bien agrafer la terre) ;
- laisser sécher en retournant le moule tous les 2 ou 3 jours la première semaine, de temps en temps les 3 semaines suivantes.

C'est sec en un mois.



Maison des Baronnet en Loire-Atlantique: au sud, une simple serre faite avec des verres de récupération isole la maison et concentre les rayons du soleil sur la masse des murs.

Capacité de stockage de chaleur (ou de froid) de matériaux courants (valeurs calculées pour 1 m³ de matériaux)

Matériaux	Caractéristiques	Matériaux	Caractéristiques
Eau	42 kW	Sable	14 kW
Pierre	23 kW	Terre crue (adobe)	13 kW
Béton	20 kW	Terre	13 kW
Brique	16 kW	Bois	7 kW

Un mobilier-masse thermique

La chaleur (comme la fraîcheur) peut être stockée dans tout ce qui est massif : si les cloisons intérieures sont concernées, le mobilier – canapé, table roulante, rayonnages d’une bibliothèque, etc. – peut l’être aussi. Des variantes presque infinies sont imaginables, et les baies vitrées permettent de créer beaucoup d’effets...

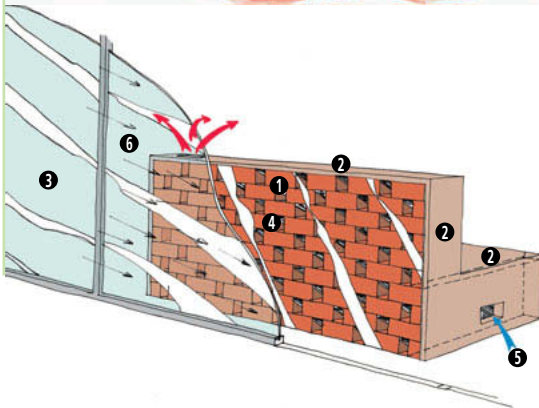
Mais il n’est pas toujours possible de placer des masses thermiques contre une baie vitrée ; si, par exemple, on installe un poêle de masse au centre de la maison pour qu’il chauffe toutes les pièces sans réseau de chauffage, et que l’on veut réchauffer cette masse sans devoir brûler du bois, il faut organiser la circulation de l’air chaud. Démonstration...

Un canapé de terre et de verre

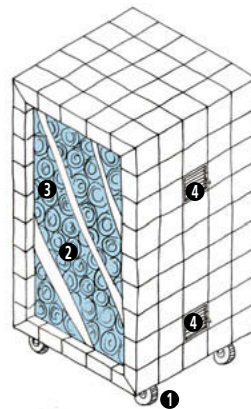


Sous un aspect classique, ce canapé cache une structure de briques de terre (1) de 750 kg (pour des dimensions de 2 m x 1 m), disposées en quinconce de manière que la chaleur puisse circuler. Sur les côtés, là où l’on pose les coussins, sur tous les angles (2), un enduit dur a été posé.

La chaleur des rayons du soleil est d’abord amplifiée par les baies vitrées du salon (3). À cela s’ajoute l’effet de serre obtenu grâce à une vitre de verre posée au dos du canapé (4), de façon que les briques de terre bénéficient d’un rayonnement maximal. Sur les côtés du canapé, une bouche d’aspiration reçoit l’air frais (5). L’air chaud ressort par une bouche placée à l’autre extrémité (6). Lors des journées d’hiver ensoleillées, on ferme les bouches d’aération du canapé. On les ouvre le soir venu, après avoir fermé les rideaux isolants de la baie (voir page 72) pour que la chaleur ne reparte pas dehors. L’été, on abaisse les stores et on couvre la face arrière du canapé d’un plaid isolant ; la nuit venue, on ouvre les bouches d’aération du canapé en même temps que les baies vitrées, de manière à y stocker le maximum de fraîcheur nocturne.



Le stockeur mobile

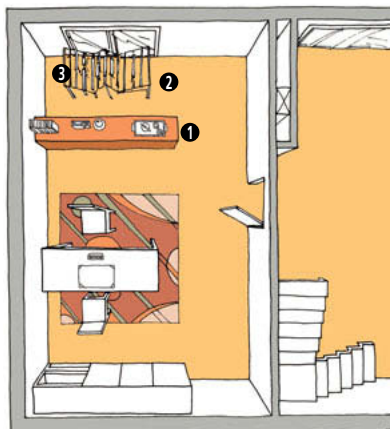


Ce meuble sur roulettes (1) doit être placé, durant les journées d’hiver ensoleillées, du côté de sa face vitrée (2) contre une baie bien exposée. Comme dans le cas du canapé, la vitre multiplie par deux l’effet de serre des baies vitrées.

À l’intérieur du stockeur, des bouteilles (« culs » vers la vitre) remplies d’eau (3) concentrent le rayonnement solaire et le stockent dans le liquide. La nuit venue, on déplace le stockeur où l’on veut dans la pièce et l’on ouvre les bouches d’aération (4).

L’été, pour stocker la fraîcheur, on sort le stockeur dehors le soir, en l’exposant si possible à la brise nocturne, et on le rentre le jour à l’abri du soleil en ouvrant les bouches d’aération.

Un sèche-linge un peu particulier



La pièce ici représentée, qui sert de bureau, est orientée plein sud. On y a élevé un muret en briques en terre crue (1) de 1 m de haut et de 50 cm de large (de façon à laisser libre la vue du jardin depuis le bureau). La nouvelle masse thermique est de 1 m³, soit presque 1 t.

Entre le muret et la baie vitrée, un espace de 1,5 m a été réservé (2). C'est ici que l'on fait sécher le linge à la sortie de la machine à laver (3). Double bénéfice : restitution de chaleur la nuit, économies d'électricité.

La fosse à chaleur

Devant la baie vitrée, dans le sol du salon, une fosse de 1,5 m de long, de 1 m de large et de 50 cm de profondeur a été creusée et recouverte d'une vitre (1). Ses parois ont été décorées d'une céramique dont la couleur sombre « boit » la chaleur. Au fond a été disposé un sable blanc (2), laissé apparent par endroits pour former un contraste intéressant avec des galets sombres disposés en tas (3).

Les rayons du soleil arrivent dans la fosse doublement concentrés par la vitre de la baie du séjour et celle de la fosse elle-même. Un tube (4) quitte la fosse avec l'air chaud et le conduit par une ouverture (5) à la masse thermique intérieure du poêle, constituée d'un empilement de galets superposés de manière à laisser des vides (6) par lesquels l'air se diffuse et communique sa chaleur aux pierres. Une autre bouche d'aération, en bas de la masse thermique du poêle (7), recueille l'air froid qui retombe naturellement vers la fosse.

Attention : la nuit, la fosse se refroidit et le courant d'air risque de s'inverser : c'est pourquoi on dispose des clapets antiretour dans les tuyauteries (8).

Enfin, en été, comme on est confronté à un surcroît de chaleur, on jette un tapis sur la fosse, tandis qu'on baisse les stores.

À savoir : 2 m² de verre assez solide pour qu'on puisse marcher dessus reviennent à... près de 2 200 €. L'idéal est donc de choisir un verre d'un prix abordable (200 €) et d'entourer la fosse de végétaux tropicaux qui en interdiront l'accès.

