



11 CLÉS POUR UNE CONSTRUCTION DE QUALITÉ

OU COMMENT RÉUSSIR
UN HABITAT CONFORTABLE
ET ÉCONOME EN ÉNERGIE

Prescriptions pour une Architecture Méditerranéenne Durable

I PRÉAMBULE

La fin prévisible des énergies fossiles surconsommées indique que demain nos façons de vivre, de se déplacer, de bâtir et d'habiter seront différentes de nos pratiques actuelles.

La part du bâtiment dans les dépenses énergétiques françaises est d'environ 40%.

Le parc immobilier existant génère une consommation moyenne de l'ordre de 200 à 250 KWh/m² par an d'énergie primaire.

Pour limiter le réchauffement climatique, il nous faut diviser par 4 nos émissions de gaz à effet de serre et réduire drastiquement l'utilisation des énergies fossiles.

En France, la réponse est la nouvelle réglementation thermique 2012 (RT2012).

Elle vise une consommation d'énergie primaire des bâtiments neufs à un maximum de 50KWh/m² par an.

Le Var qui bénéficie d'un climat méditerranéen clément a pour objectif de baisser sa consommation à 40KWh/m² par an.

Il nous faut donc construire autrement, favoriser une approche systématique de l'habitat pour créer des enveloppes bâties performantes en adéquation avec le site d'implantation et les données climatiques.

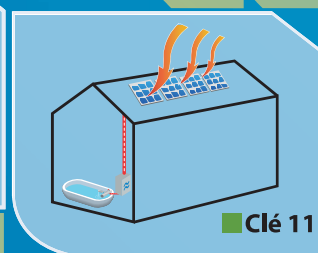
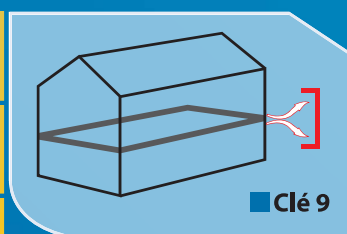
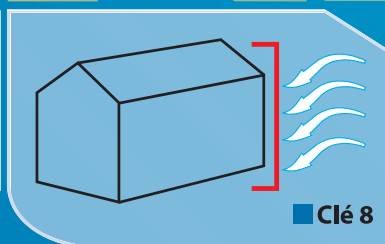
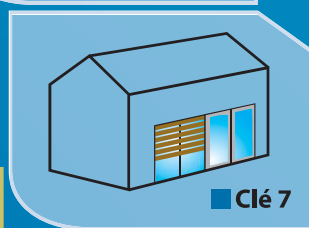
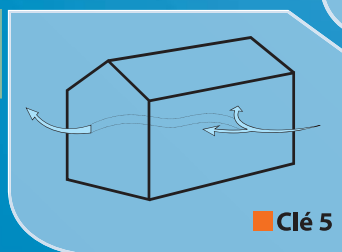
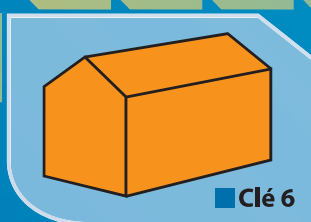
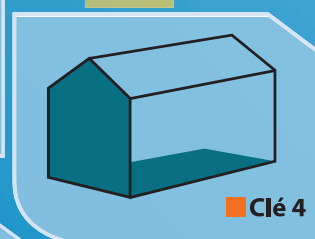
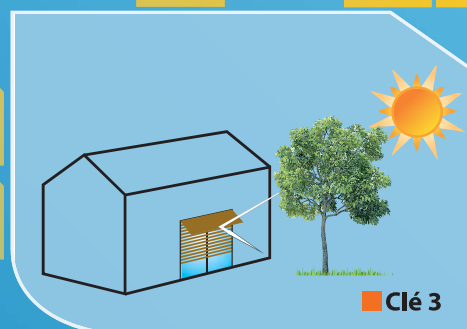
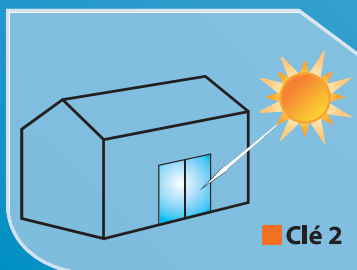
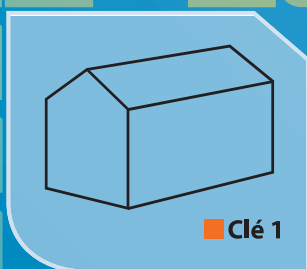
Cette approche, inspirée de celle des constructions traditionnelles, s'est développée depuis les années 1970 sous le vocable de "bioclimatisme".

Aujourd'hui, le retour au bon sens des anciens et la mobilisation des techniques les plus innovantes appliquées au bâti offrent une architecture écologique et responsable, assurant un confort optimal à ses usagers.

Ce sont ces principes passifs ou actifs adaptés au climat méditerranéen que ce livret décrit ci-après.

Les clés pour construire une maison confortable et économe.





I SOMMAIRE

I 5 CLÉS POUR UNE CONSTRUCTION COMPACTE ET OUVERTE AU SOLEIL : RETOUR AU BON SENS

- Clé 1 : Un volume simple : la compacité et la densité pour des économies indispensables..... p.09
- Clé 2 : L'ouverture au soleil et les "stratégies saisonnières" : le bioclimatisme..... p.10
- Clé 3 : La protection solaire : la garantie d'un confort intérieur..... p.13
- Clé 4 : La gestion de la température intérieure : l'incontournable inertie..... p.15
- Clé 5 : Une ventilation performante : gestion air vicié / air neuf..... p.19

I 4 CLES POUR UNE CONSTRUCTION PROTECTRICE

- Clé 6 : L'Isolation renforcée des parois : économie des dépenses énergétiques..... p.25
- Clé 7 : Des baies performantes : lumière, chaleur et déperdition p.29
- Clé 8 : L'étanchéité à l'air : la qualité de l'air sans fuite d'air inutile p.33
- Clé 9 : La réduction des pertes de chaleur : les ponts thermiques..... p.36

I 2 CLES POUR REUSSIR L'INSTALLATION D'EQUIPEMENTS BIEN DIMENSIONNES

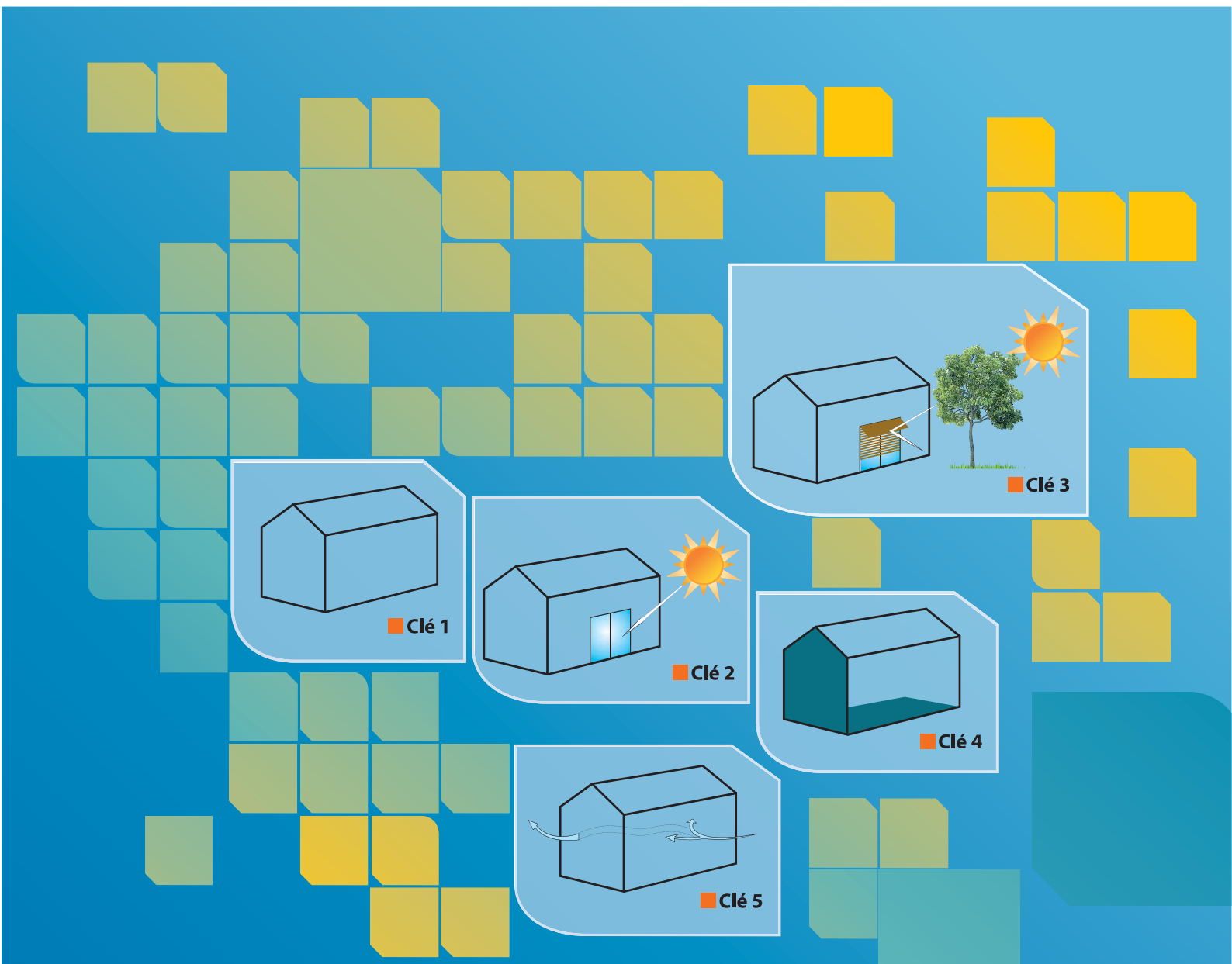
- Clé 10 : L'utilisation d'énergies renouvelables : un chauffage à haut rendement p.41
- Clé 11 : L'eau chaude sanitaire : le solaire évidemment p.44

I CONCLUSION p.48

I GLOSSAIRE p.50

I LIENS UTILES p.51





| 5 CLÉS
POUR RÉUSSIR
UNE CONSTRUCTION
COMPACTE ET OUVERTE
AU SOLEIL :
RETOUR AU BON SENS





I CLÉ 1

UN VOLUME SIMPLE : LA COMPACITÉ ET LA DENSITÉ POUR DES ÉCONOMIES INDISPENSABLES

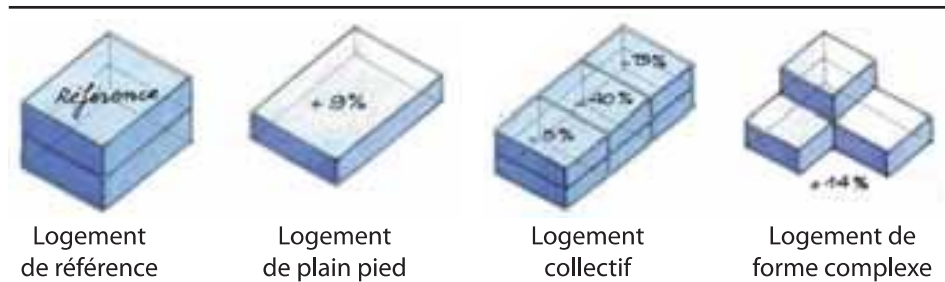
La compacité du bâtiment est un élément déterminant du point de vue de l'efficacité énergétique.

Ainsi, pour un volume habité identique, **plus la surface de parois extérieures (murs, sols, toit) est importante, plus les charges de chauffage sont élevées.**

Les bâtiments à volumétrie complexe multiplient les surfaces de parois extérieures et donc les surfaces de déperdition thermique.

Il faut donc privilégier les formes simples ayant un bon coefficient de forme (rapport entre la surface de l'enveloppe bâtie et le volume d'espace qu'elle contient).

Une maison mitoyenne ou un petit collectif permettent également une optimisation de l'enveloppe thermique.



Exemples de déperditions d'énergie comparées de l'enveloppe de différents logements de 96m².

La recherche d'une certaine **compacité** se justifie également au plan économique :

- **Moins de matériaux/mise en œuvre plus facile/réduction des coûts de construction et de maintenance.**
- **Moins de volume d'air à chauffer/moins d'investissement dans les équipements de chauffage/coût d'énergie plus faible.**

I CLÉ 2

L'OUVERTURE AU SOLEIL ET LES "STRATÉGIES SAISONNIÈRES" : LE BIOCLIMATISME

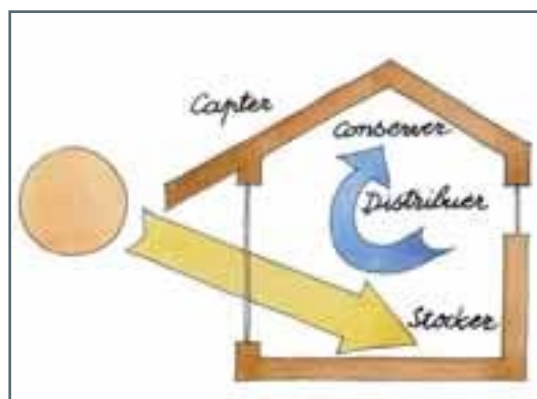
Les stratégies saisonnières

Dans notre département, l'énergie solaire qui arrive sur un pan de toiture de 60m², orienté au Sud d'une maison RT2012, est environ 100 fois supérieure aux besoins en chauffage.

Sous nos climats méditerranéens tempérés, pour une adaptation optimale de l'habitat à son milieu (site, climat,...), il est nécessaire de respecter **deux grands principes saisonniers** :

> En saison froide :

favoriser les apports de chaleur gratuite et diminuer les pertes thermiques, tout en permettant un renouvellement d'air suffisant.

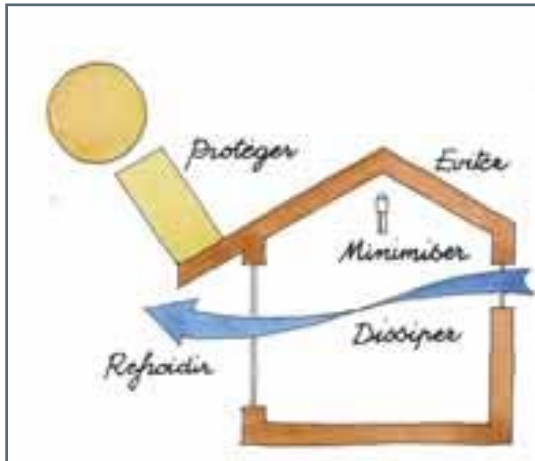


Stratégie
en saison froide

- Capter les calories solaires.
- Les stocker (pour pouvoir en bénéficier au moment opportun).
- Conserver ces calories gratuites et éviter également la déperdition des apports intérieurs (chauffage et autres apports internes).
- Aider à une distribution efficace de l'ensemble de ces calories dans l'espace habité.

> **En saison chaude :**

diminuer les apports caloriques indésirables et favoriser le rafraîchissement.



Stratégie
en saison chaude

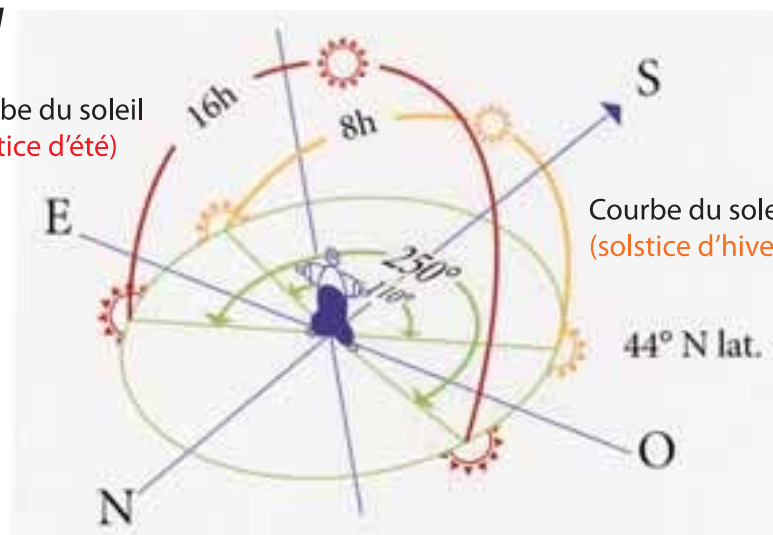
- Protéger du rayonnement solaire.
- Eviter la pénétration des calories.
- Dissiper les calories excédentaires.

On peut y ajouter le rafraîchissement et la minimisation des apports internes.

NB : Dans le Var, il est relativement facile d'obtenir une maison tempérée en été, par la seule conception de l'enveloppe, mais il est plus compliqué de l'obtenir en hiver, sans système de chauffage.

S'ouvrir au soleil

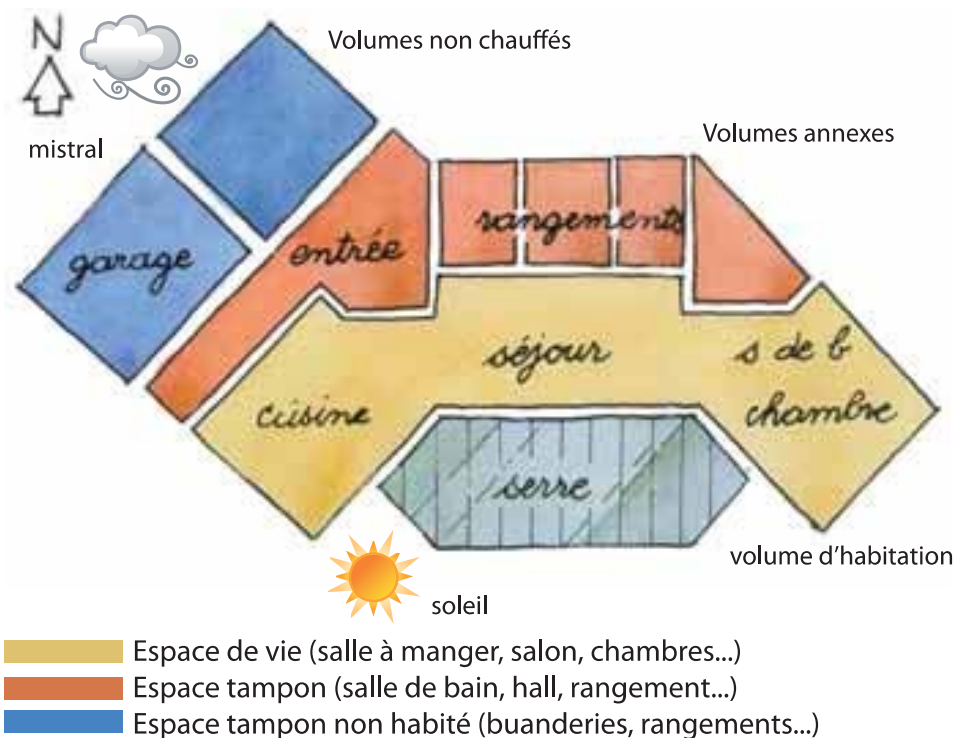
Courbe du soleil
(solstice d'été)



Courbe du soleil
(solstice d'hiver)

- Le Var est le département le plus ensoleillé de France.
Le captage de l'énergie gratuite et inépuisable qu'est le soleil doit être l'objectif principal, pour une réduction des coûts.
- La disposition des ouvertures et la distribution des espaces intérieurs doivent être conçues pour exploiter pleinement les apports solaires. Le vitrage étant le premier équipement de chauffage de toute construction bioclimatique, il faudra, chaque fois que cela est possible, disposer les baies vitrées prioritairement au Sud, avec parcimonie à l'Est et à l'Ouest et rarement au Nord.

Exemple de distribution des pièces favorisant le bioclimatisme



Comme les baies vitrées disposées sur la construction en fonction des variations saisonnières et de la course du soleil, les différents espaces intérieurs devront être répartis en fonction des besoins de chaleur et de lumière.

I CLÉ 3

LA PROTECTION SOLAIRE : LA GARANTIE D'UN CONFORT INTÉRIEUR.

En milieu méditerranéen, il est indispensable de **gérer les apports solaires de l'été, pour assurer le confort** intérieur des habitations.

Aussi, l'habitant a un rôle essentiel à jouer pour permettre à l'enveloppe bâtie de remplir au mieux sa fonction. Il aura notamment à :

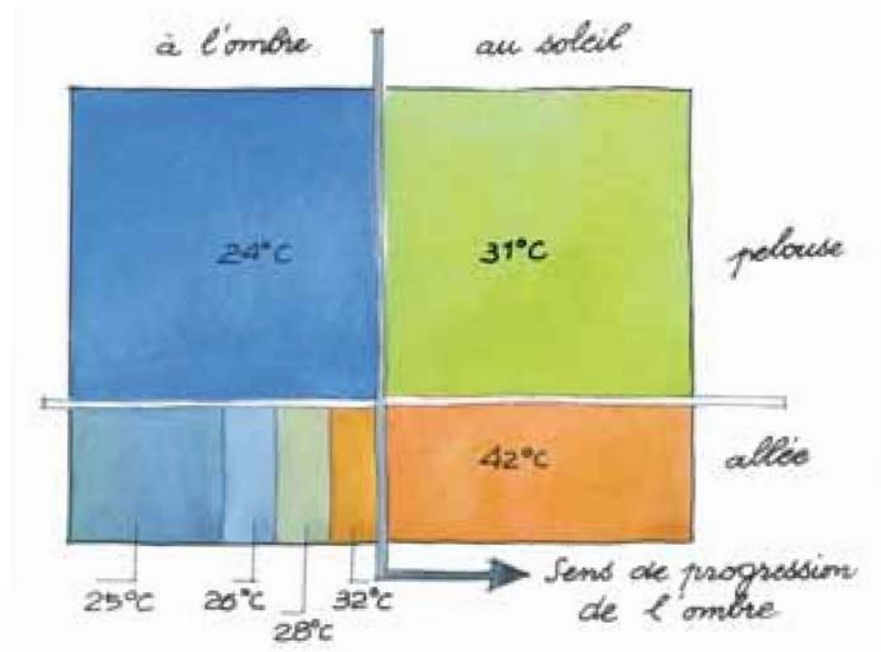
- **Ouvrir ou fermer les protections nocturnes en hiver (volets, tentures...) pour capter le soleil le jour et lutter contre les fuites thermiques la nuit.**
- **Ouvrir les fenêtres quand les températures extérieures sont aptes à assurer le confort intérieur.**
- **Ouvrir les fenêtres, les nuits d'été, pour favoriser les mouvements d'air rafraîchissant l'intérieur des habitations.**
- **Déployer les occultations solaires pendant la journée pour lutter contre les surchauffes (volets à persiennes, roulants, vélum...).**



Un type de protection solaire amovible (volet)



Une solution de l'habitat traditionnel (la treille)



Température mesurée d'une pelouse et d'une allée en gravier au cours d'une journée d'été :

La pelouse s'échauffe moins que le gravier et redescend rapidement en température à l'ombre, ce qui prend plusieurs heures pour l'allée en gravier.



I CLÉ 4

LA GESTION DE LA TEMPÉRATURE INTÉRIEURE : L'INCONTOURNABLE INERTIE

Depuis toujours, le Var est habitué à des étés très chauds, voire caniculaires.

L'architecture traditionnelle a ainsi développé **des techniques de construction et des agencements permettant de conserver la fraîcheur et de limiter les surchauffes** (murs épais en pierre avec peu d'ouvertures, sol du rez-de-chaussée bâti directement sur la terre...)

Sous un climat où les périodes chaudes alternent avec les périodes froides, selon des rythmes journaliers ou saisonniers, la résistance aux variations thermiques extérieures est vitale pour obtenir des bâtiments confortables.

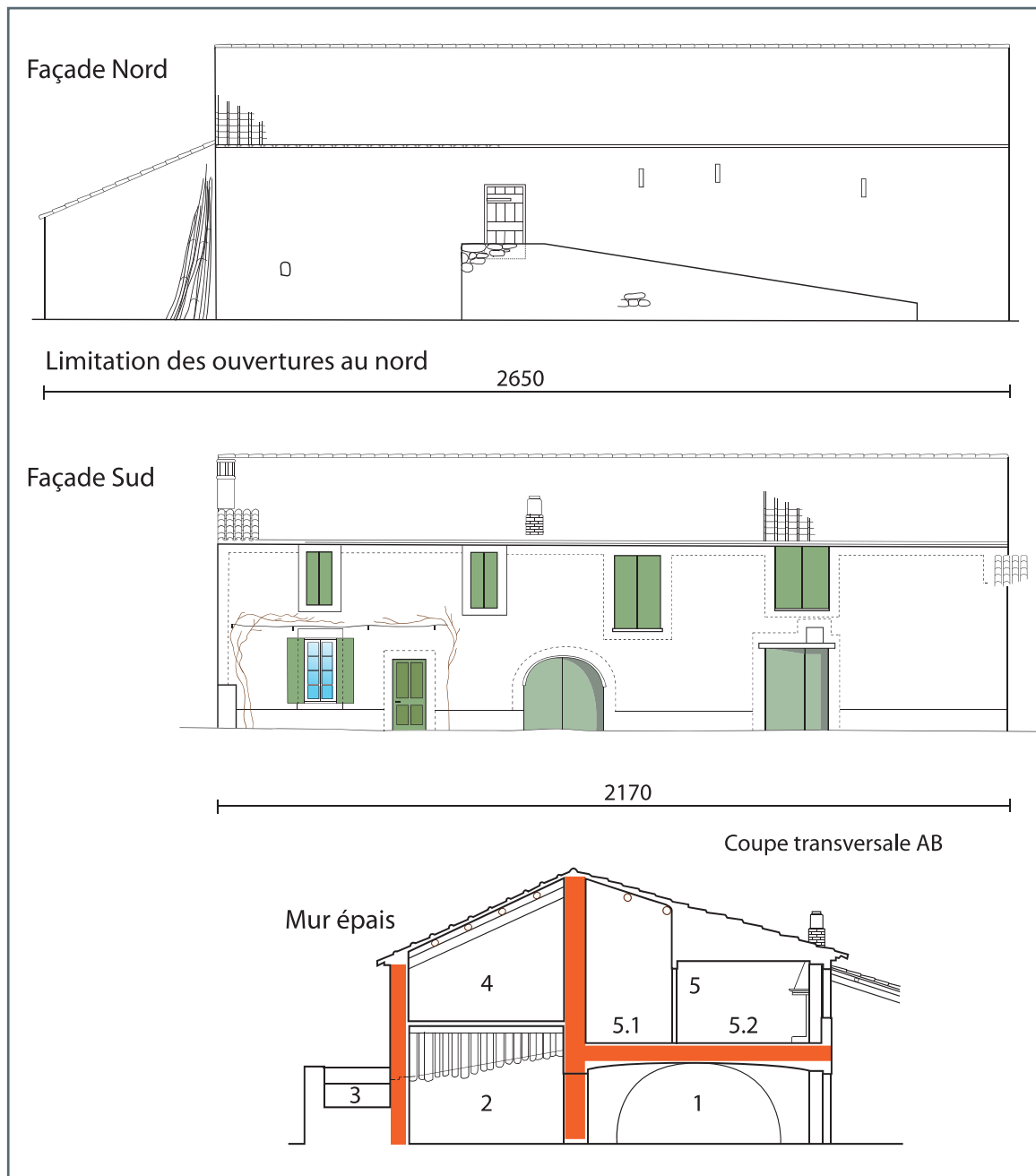
De fait, **l'inertie est un des principaux outils de l'architecture bioclimatique.**

• Qu'est-ce que l'inertie ?

C'est le déphasage entre la température de la structure bâtie et la température extérieure.

Par exemple, en plein été par 38° C à l'ombre, la paroi interne du mur épais d'une église romane est fraîche. A l'opposé, une route fortement ensoleillée en journée restera chaude au toucher pendant la nuit fraîche.

En toute saison, la forte inertie d'une habitation contribue à atténuer les fluctuations de température dans les pièces. C'est une source de confort car elle limite les hausses et les baisses de températures trop brutales.

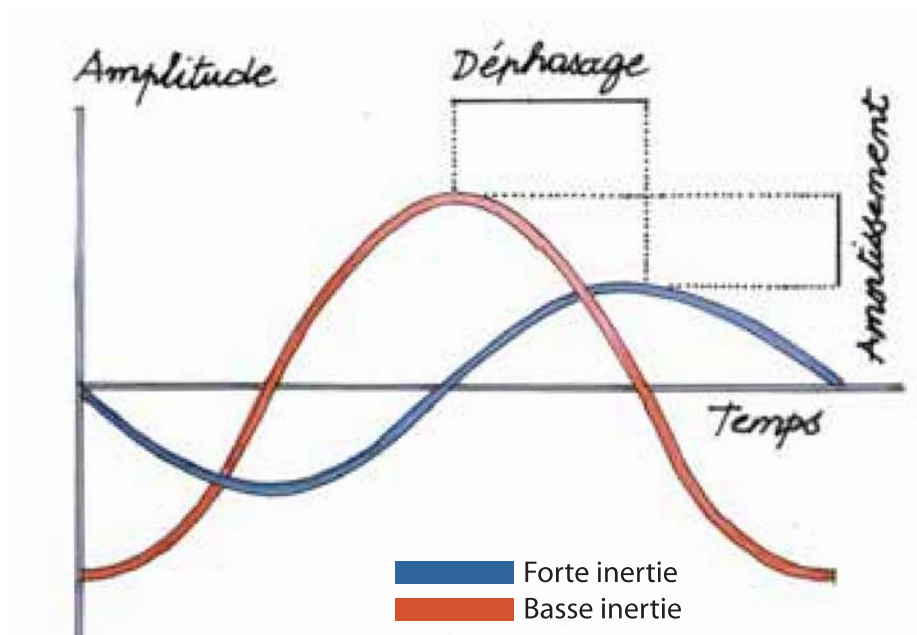


Exemple existant de façades du mas provençal

Pour cela, il s'agira :

- **En été**, de mettre en place des moyens efficaces de protection solaire et un rafraîchissement des parois lourdes pendant la nuit (surventilation).

- **En hiver**, à l'opposé, d'ouvrir au maximum au soleil pour emmagasiner dans les masses (murs et sols) les calories qui seront restituées la nuit ou durant les périodes sans soleil.



Variation
de température intérieure
en fonction de l'inertie
de la construction

17

Pour obtenir un bâtiment possédant une bonne inertie, il convient de mettre en œuvre de la "masse" (plancher lourd, refend,...) exposée au soleil. **Plus la surface de parois lourdes est importante, plus il y a d'inertie.**

Les maisons à ossature bois qui connaissent un essor légitime sont très légères et ne génèrent pas d'inertie. Si l'on souhaite, en climat méditerranéen, que le confort reste acceptable en été, il faudra impérativement leur adjoindre des parois lourdes en sol ou en refend.

Pour un bâtiment occupé de façon intermittente (résidence secondaire), l'utilité de l'inertie devra être étudiée au cas par cas et en fonction du surcroît de chauffage qu'elle pourrait représenter.

• Comment obtenir l'inertie thermique ?

- Utiliser des matériaux denses (béton, terre, maçonnerie de forte épaisseur pour les parois internes).
- Limiter les surfaces internes recouvertes de matériaux isolants (plafond suspendu, moquettes, lambris ...).
- Disposer l'isolation à l'extérieur de la structure (la masse intérieure ne doit pas être soumise aux variations de températures extérieures).
- Répartir au mieux la masse pour les surfaces en contact avec l'air intérieur pour favoriser les échanges thermiques.

I CLÉ 5

UNE VENTILATION PERFORMANTE : GESTION AIR VICIÉ / AIR NEUF

La ventilation d'une habitation est nécessaire. Elle évacue la vapeur d'eau, l'air vicié généré par les habitants eux-mêmes, la cuisine, les appareils sanitaires (salle de bain ...) et ménagers, afin d'éviter les odeurs, les condensations et les éventuelles dégradations inhérentes ainsi que les pollutions.

A titre d'exemple, un logement abritant 4 personnes génèrerait l'équivalent de 10 litres d'eau à évacuer par jour. Depuis 1982, existe l'obligation de ventilation totale et permanente des habitations.

Cependant, en hiver le réchauffement de l'air froid en renouvellement représente un besoin en chauffage important. Il est donc capital d'optimiser des apports d'air neuf pour garantir la qualité de l'air tout en maîtrisant les pertes caloriques.

Il existe plusieurs systèmes de ventilation plus ou moins adaptés aux bâtiments basse consommation d'énergie :

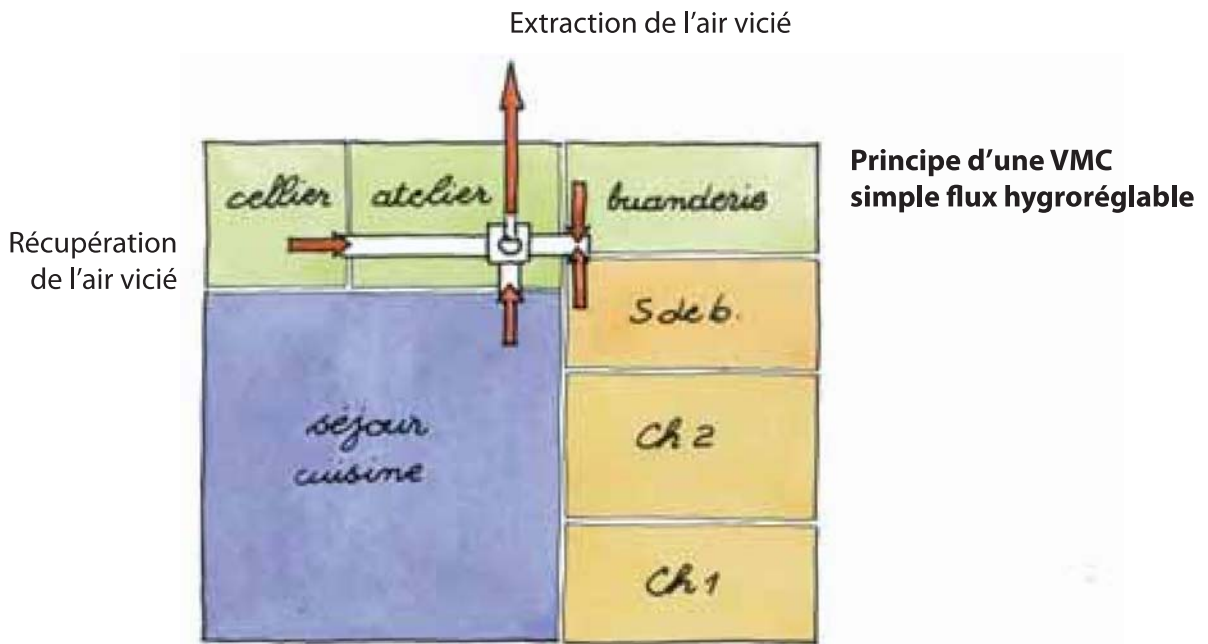
• Les systèmes adaptés :

> **VMC Simple flux hygroréglable de type B**

Si son fonctionnement est similaire à la VMC simple flux, le débit d'air est variable en fonction du taux d'humidité ambiante : l'évacuation est plus forte lorsque l'air est très humide et plus faible le reste du temps, ce qui limite les pertes caloriques.

Cependant, l'évacuation des pollutions ponctuelles ou permanentes de l'air est assurée de façon insatisfaisante.

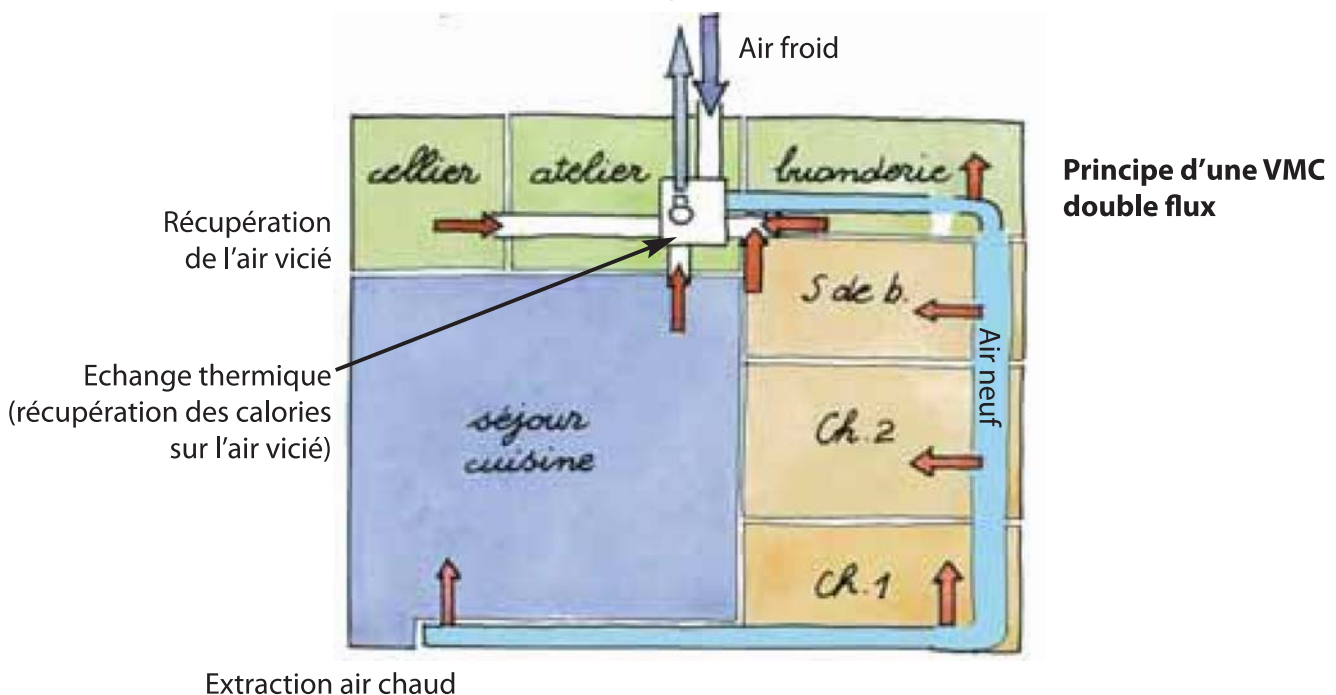




> VMC double flux avec récupération d'énergie

Dans une maison équipée d'une ventilation mécanique double flux, l'air pénètre par un conduit central qui le distribue dans les pièces principales.

Un échangeur de chaleur, situé dans le volume chauffé, permet de récupérer les calories de l'air sortant vers l'air entrant, sans mélanger les deux flux.



L'investissement dans une VMC double flux n'est pas toujours économiquement pertinent pour l'habitat varois, mais il permet un contrôle fin de la qualité de l'air intérieur.

NB : Les hautes performances ne sont possibles que dans la mesure où les fuites d'air de la maison sont maîtrisées. (voir clé n°8).

Les VMC, s'encrassant dans le temps, doivent être accessibles pour être régulièrement nettoyées et contrôlées. Il faudra particulièrement veiller à la consommation électrique des moteurs des ventilateurs (à courant continu et vitesse variable).

• Les systèmes peu adaptés :

> La ventilation naturelle

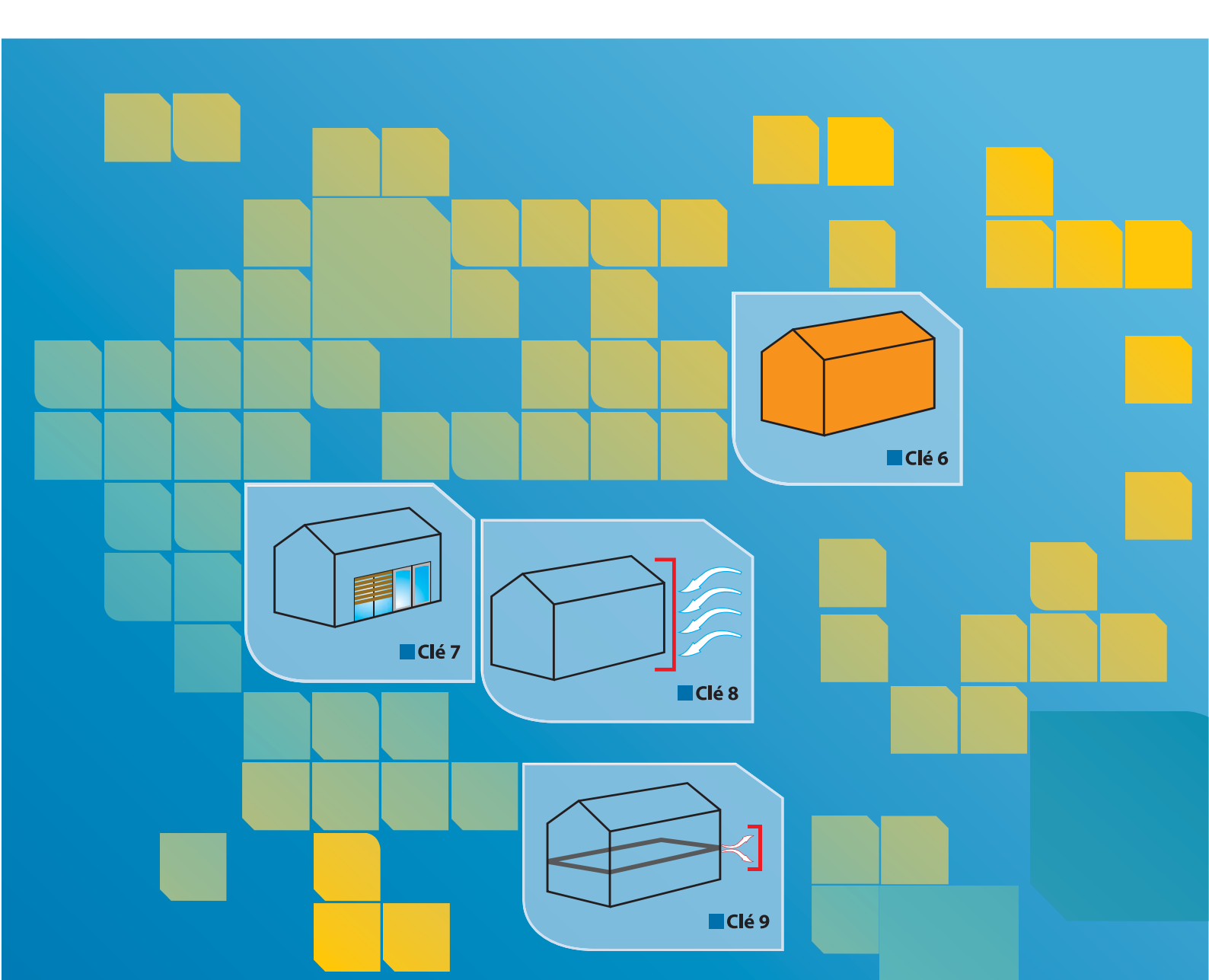
Le renouvellement d'air est dépendant des conditions climatiques extérieures : une température basse ou un vent puissant (*mistral*) augmente fortement les débits de ventilation, rarement en adéquation avec les besoins réels de renouvellement d'air.

L'adaptation fine est impossible à réaliser et c'est donc une somme potentielle de gaspillage d'énergie ou d'inefficacité pour la qualité de l'air.

> La ventilation mécanique contrôlée simple flux

L'air frais venant de l'extérieur traverse d'abord les pièces à vivre et les chambres, puis est évacué à partir des pièces de service (*cuisine, salle d'eau, WC*) par un groupe d'extraction incluant un ventilateur. Les pertes d'énergie engendrées par ce système sont importantes car l'on rejette directement l'air chaud remplacé par de l'air "neuf" froid.





| 4 CLÉS POUR UNE CONSTRUCTION PROTECTRICE

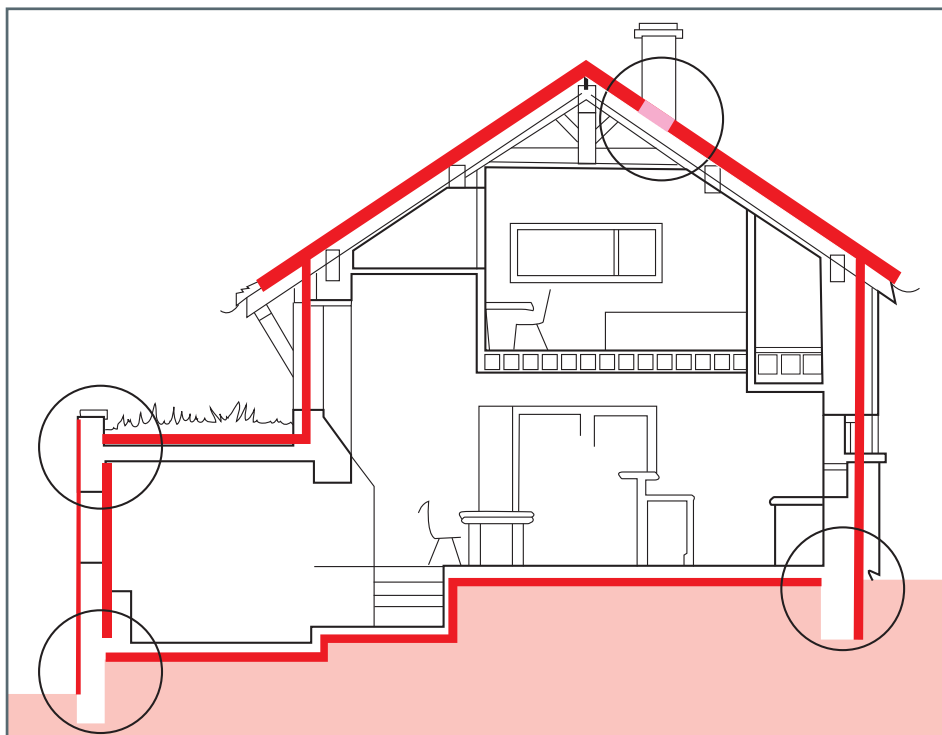




I CLÉ 6

L'ISOLATION RENFORCÉE DES PAROIS : ÉCONOMIE DES DÉPENSES ÉNERGÉTIQUES

Pour assurer le confort des habitants tout en réduisant les dépenses énergétiques, il est indispensable de fortement isoler les logements.



- > **Isolation intérieure (ITI) :** elle se fait au détriment de la surface habitable et ne permet pas un fonctionnement des parois (*inertie...*). Cette technique très largement répandue en France est appelée à être progressivement abandonnée.
- > **Isolation extérieure (ITE) :** cette technique, à privilégier dans les constructions neuves, peut également être mise en œuvre dans le cadre d'une rénovation. Elle permet de réduire considérablement les ponts thermiques (**clé n°8**) et de simplifier les travaux, en logement occupé.

L'isolation doit être répartie par l'utilisation de matériaux assurant la double fonction de tenue mécanique et d'isolation (*bloc de béton cellulaire, briques en terre cuite alvéolées, panneaux de bois isolés,...*).

Les épaisseurs d'isolants (*équivalent laine minérale*) doivent être importantes (*de 30 cm au moins pour la toiture ou le plancher des combles ou de 15 cm pour la façade et les planchers*). La mise en œuvre de ces isolants devra être de qualité sous peine de réduire fortement leur efficacité (*recouvrement des joints, trous, entailles à éviter*).

> Les isolants à base de matières renouvelables

Ils sont fabriqués avec une part variable de matières renouvelables (produit à base de ouate de cellulose, de laine de bois, de liège, de chanvre).

La plupart d'entre eux bénéficient d'un avis technique, d'un agrément technique européen ou d'une certification et sont désormais largement diffusés.

Souvent plus onéreux que les isolants traditionnels, ils trouvent leur justification dans les économies d'énergies qu'ils permettent, dans leurs caractéristiques "produit sain"; en résumé dans leur "qualité écologique".

exemple de panneaux
de fibre de bois



> Les isolants traditionnels

Issus de matières non renouvelables, les plus courants sont les laines minérales (*de roche ou de verre*) et les plastiques alvéolaires (*polystyrène et polyuréthane*)...

Les principales caractéristiques de ces isolants sont leur résistance thermique (R) ou leur transmission thermique (U).

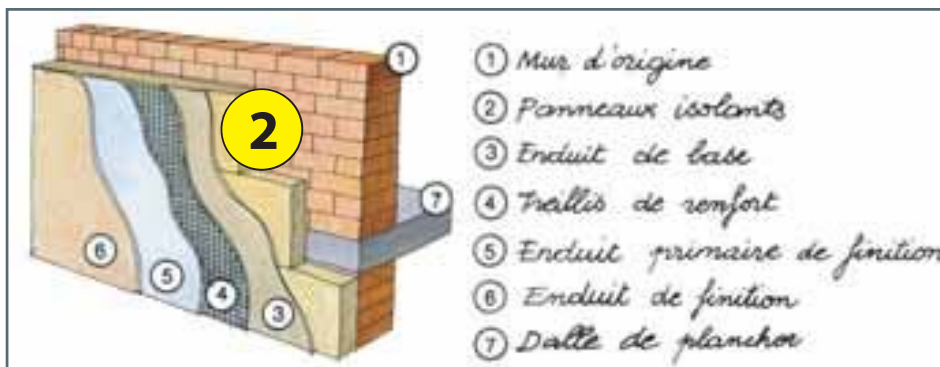


Schéma d'utilisation de panneau isolant dans une isolation thermique par l'extérieur

Tableau comparatif de résistance thermique de différents complexes isolants

	Utilisation	Capacité Isolante Ⓜ	Capacité hygroscopique [*]	Temps de déphasage ^{**}	Isolation acoustique	Durabilité	Energie grise (kWh/m ³)	Coût (barème)
Polystyrène expansé (PSE)	Mur, Sol Plancher, Toiture	0,035 à 0,040	Non	6 H	faible	faible	très élevée	€€
Laine de verre	Mur, Sol Plancher, Toiture	0,035 à 0,040	Non	6 H	bonne	moyen	Elevée	€
Isolant mince (rouleaux)	Mur, Plancher Toiture	Non définit	Non	Non	moyen	faible	très élevée	€
Fibre de bois (panneaux rigides)	Mur, Sol Plancher, Toiture	0,037 à 0,046	moyen	15 H	bonne	très bonne	faible	€€€
Ouate de cellulose (vrac insufflée)	Mur, Plancher Toiture	0,035 à 0,040	Elevée	10 H	très bonne	bonne	très faible	€
Liège (panneaux)	Mur, Plancher Toiture, Sol	0,036 à 0,042	Faible	13 H	bonne	très bonne	moyen	€€€
Laine de chanvre	Mur, Plancher Toiture	0,038 à 0,042	Elevée	7 H à 8H	bonne	bonne	moyen	€€
Chênevotte (vrac)	Mur ^{***} , Plancher Toiture, Sol ^{***}	0,048	Elevée	8,5 H	bonne	bonne	moyen	€€
Laine de mouton	Mur, Plancher Toiture	0,035 à 0,045	Très élevée	5 H	bonne	moyen	faible	€€
Textiles recyclés	Mur, Plancher Toiture	0,039	Elevée	4 H 15	bonne	bonne	faible	€€

^{**} Temps de déphasage en heures pour 20 cm d'isolant

^{***} utilisation possible en béton allégé

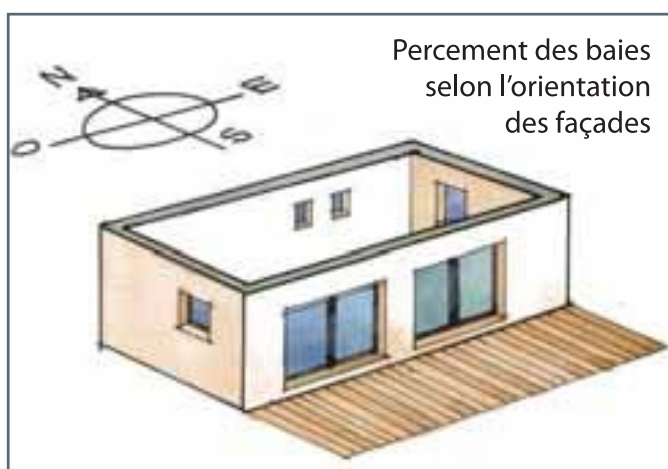
NB : *La résistance thermique R d'un matériau représente l'aptitude de celui-ci à ralentir les échanges thermiques qui le traversent. L'épaisseur nécessaire pour obtenir une résistance thermique donnée dépend du matériau utilisé et de son épaisseur. Un mur en pierre de 45 cm a une résistance 14 fois plus faible que 16 cm de fibre de bois. Mais un mur de pierre peut être intéressant pour assurer au bâtiment de l'inertie thermique intérieure (cf Clé 4).*

Et l'énergie grise ?

Parmi les nouvelles considérations à prendre en compte pour le choix d'un isolant, il y a désormais l'analyse de son cycle de vie (extraction de la matière première, production, mise en œuvre, recyclage...). Dans un habitat conçu basse consommation, la quantité d'énergie utilisée doit être prise en compte au même titre que l'impact sanitaire de l'isolant.

I CLÉ 7

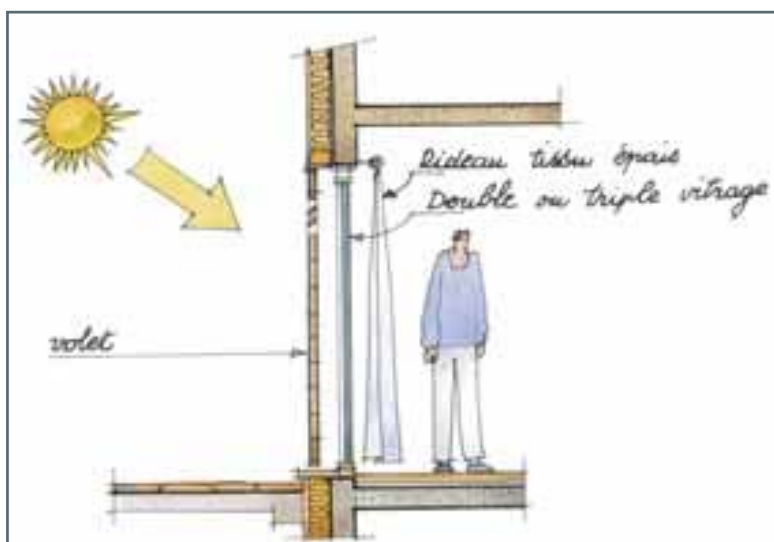
DES BAIES PERFORMANTES : LUMIÈRE, CHALEUR ET DÉPERDITION



Les baies vitrées transmettent la lumière, permettent la vue vers l'extérieur et l'aération des locaux.

Sur le plan thermique, elles sont l'outil de captage solaire le plus simple et le plus économique.

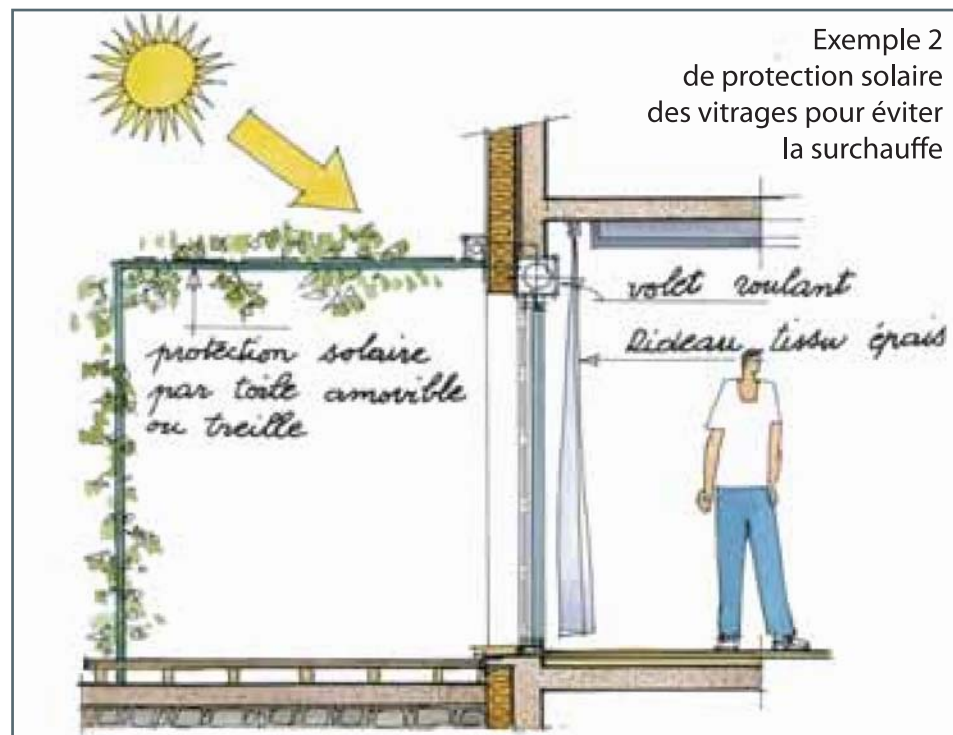
C'est par une utilisation judicieuse et la synergie avec les autres composantes du bâti que les baies vitrées permettent de couvrir une très grande part des besoins calorifiques de nos habitations. Les parois vitrées peuvent aussi constituer le principal point faible de l'enveloppe du logement, soit en générant des déperditions de chaleur (*jusqu'à 1/3 des déperditions totales*) soit en engendrant des surchauffes insupportables, sans rafraîchissement artificiel de l'air intérieur.



Exemple 1
de protection solaire
des vitrages pour éviter
la surchauffe

En phase de conception des baies, il faudra :

- Tenir compte de l'ensemble des fonctions visées et des inconvénients liés pour le positionnement des baies (par exemple, agrandir la proportion des vitrages au Sud et de limiter les ouvertures au Nord).
- Accompagner les baies de dispositifs de protection thermique adaptés aux différentes saisons.
(exemple : treilles, volets, voilages intérieurs...)



- Tenir compte de leur bilan thermique c'est à dire la différence entre gains et pertes calorifiques : exemple, choisir comme vitrage de base du double vitrage à isolation renforcée (U compris entre 1,1 et 1,3 $W/m^2 K$).

	Coefficient de transmission U_f de l'huisserie ($W/m^2.K$)
Bois (pin, sapin,...)	1,8 à 2,1
Bois dur (bouleau, chêne...)	2,1 à 2,8
PVC	1,5 à 2,5
Aluminium / Acier sans coupe thermique	7 à 8
Aluminium / Acier avec coupe thermique	3,4 à 4,9

Matériaux des huisseries :

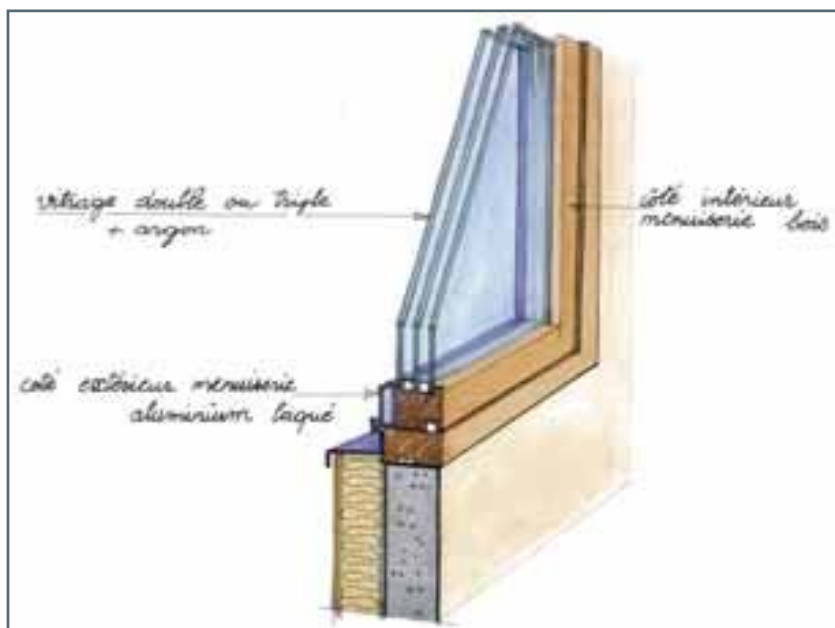
Par conduction à travers les matériaux des dormants, portes et fenêtres et par infiltration d'air, des déperditions thermiques non négligeables proviennent des huisseries.

Le bois, "environnementalement correct", s'impose comme matériau de base des menuiseries extérieures sur le plan thermique également.



50	104	122	134	149	161	Production de chaleur en KWh/m ² par saison de chauffe
45%	63%	69%	73%	78%	82%	Coefficient de jour de chaque baie

L'alliance bois/aluminium extérieur, bien qu'onéreuse, présente un réel intérêt pour limiter l'entretien inhérent au bois.



Coupe d'une menuiserie performante

Des huisseries fines sont à privilégier pour permettre un bon coefficient de jour et donc une production de chaleur optimisée par le vitrage.

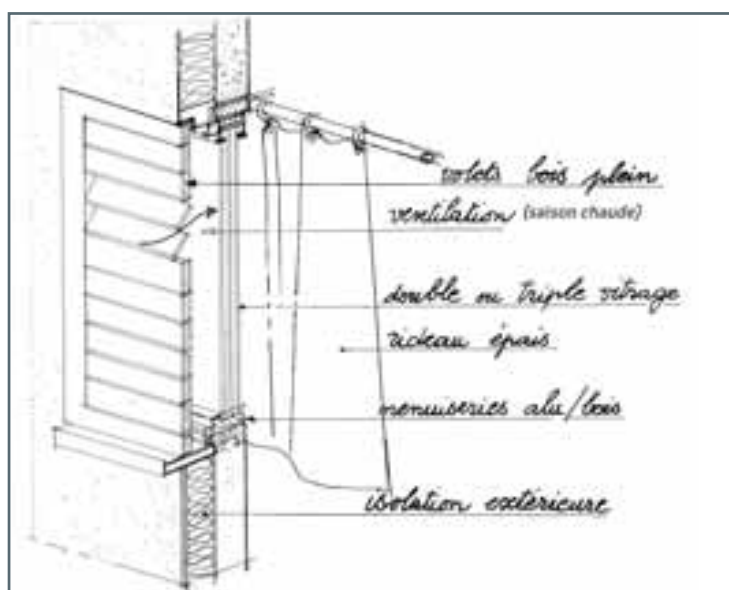
Baies vitrées fixes :

Dans les logements "basse consommation" correctement ventilés, l'ouverture de la baie n'est pas toujours nécessaire, ce qui présente de nombreux avantages (coût moins élevé, étanchéité à l'air supérieure et durable, meilleures performances thermiques,...) surtout dans l'hypothèse d'un triple vitrage, système particulièrement adapté aux baies fixes. Cette disposition est très pertinente pour les ouvertures orientées au Nord.

Les volets et les doubles rideaux :

Les volets pleins ou à persiennes (*sur ventilation nocturne estivale*) améliorent sensiblement la performance thermique des baies.

De même, des rideaux intérieurs constitués d'un tissu épais sont très efficaces en hiver, car ils réduisent la sensation de paroi froide, préjudiciable au confort thermique des habitants.



Coupe
traitement performant
de baies et fenêtres

I CLÉ 8

L'ÉTANCHEITÉ À L'AIR : LA QUALITÉ DE L'AIR SANS FUITE D'AIR INUTILE

La basse consommation génère de nouvelles exigences en matière de maîtrise de la perméabilité à l'air des bâtiments. L'étanchéité à l'air évite les courants d'air, la détérioration de la qualité de l'air intérieur et surtout les déperditions énergétiques non maîtrisées.



Représentation
du "trou" permanent
généré par l'ensemble
des fuites d'air

33

Un logement étanche à l'air est constitué de matériaux étanches à la mise en œuvre, soigneusement traités, ou doublés d'un film d'étanchéité appliqué sur l'ensemble de la structure (ossature bois par exemple).

Dans tous les cas, le logement doit être équipé d'un système de ventilation sous contrôle optimisé (**voir clé n°5**), qui est le seul moyen de procurer la qualité de l'air, sans gaspillage d'énergie.

L'ensemble des fuites d'air dans une maison génère un "trou" permanent plus ou moins important.



Sur le parc de logements existants, les mesures effectuées sont rares, mais il est courant qu'elles soient supérieures à $4\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^2$, ce qui représente l'équivalent d'un trou de 42 cm permanent dans une des parois du logement.

Les défauts d'étanchéité à l'air sont le plus fréquemment décelés au niveau :

- Des fenêtres (*autour du dormant ou entre dormant et ouvrant, des volets roulants*).
- Des évacuations (*cheminées,...*).
- Des liaisons façades/plancher et la toiture.



Détection de déperdition thermique à l'aide d'une caméra thermique.
(photos Sirtème)

Le contrôle désormais obligatoire de l'étanchéité (RT 2012) se fait avec le test dit "de la porte soufflante".

Il consiste à mettre le logement en surpression ou sous pression pour mesurer et localiser les fuites d'air non désirées.



Installation test
de la "porte soufflante".
(photos Sirtème)

Les avantages d'une bonne étanchéité :

- > Réduction des besoins énergétiques
- > Augmentation de la durée de vie du bâtiment
- > Meilleure isolation acoustique
- > Meilleur confort thermique
- > Meilleure qualité de l'air intérieur
- > Contrôle des débits de la ventilation
- > Réduction des risques de surchauffe estivale

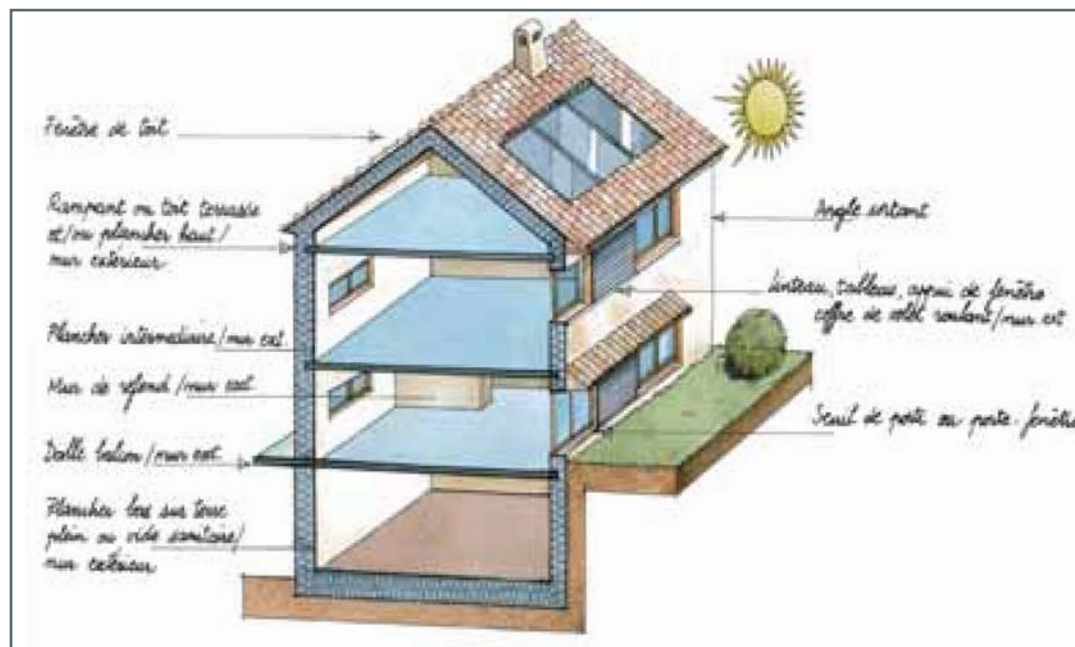
I CLÉ 9

LA RÉDUCTION DES PERTES DE CHALEUR : LES PONTS THERMIQUES

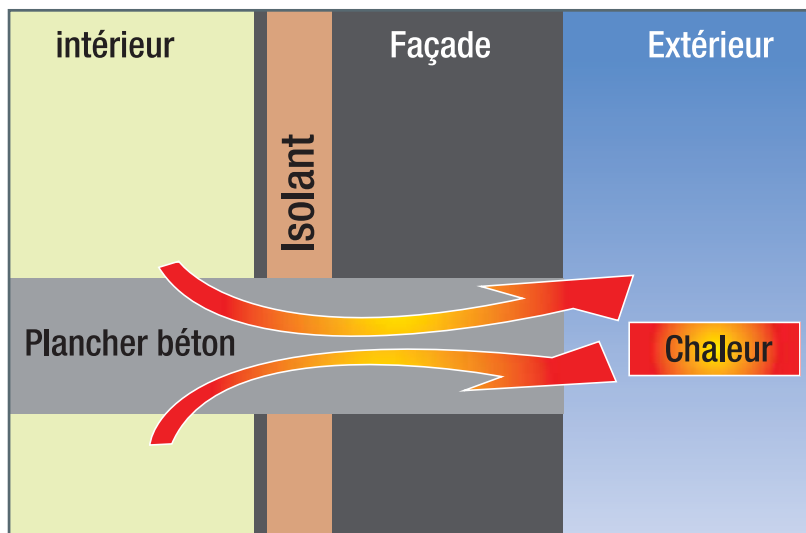
Les ponts thermiques sont les parties de l'enveloppe d'un bâtiment qui favorisent les fuites de chaleur là où l'isolation fait défaut.

Dans les maisons isolées, ils sont souvent causés par le terrassement ou la mauvaise pose des isolants. Ils se trouvent également à la jonction de différentes parois entre deux façades, entre mur et dalle de sol, autour de menuiseries extérieures, au niveau des coffres de volets roulants, etc...

Les principaux
ponts thermiques
d'une habitation

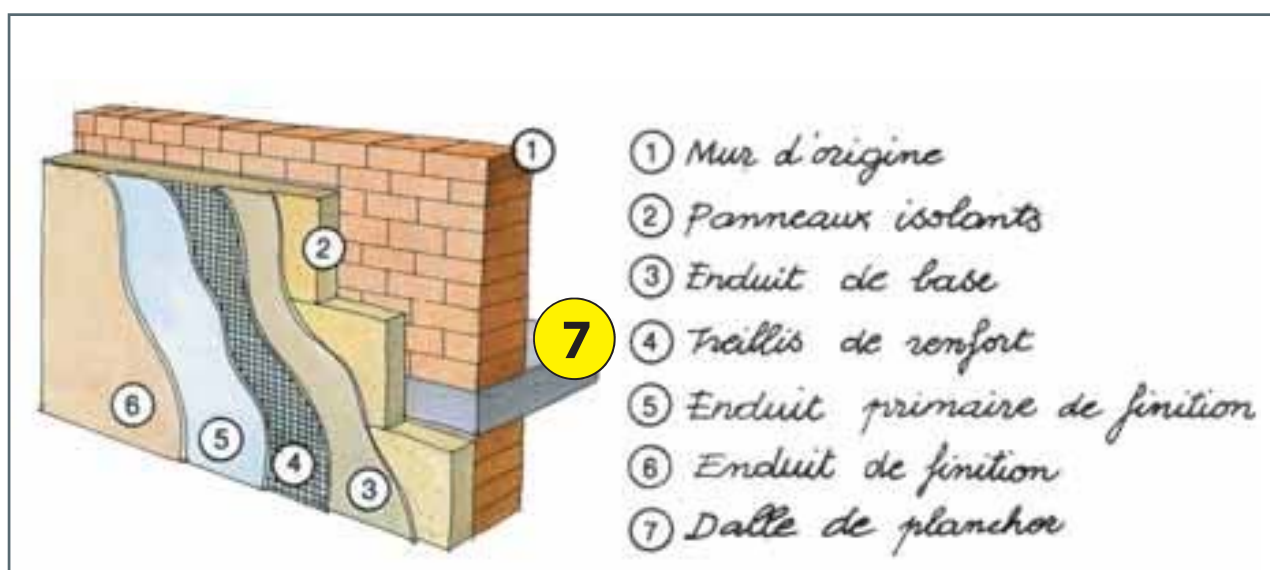


Les ponts thermiques sont à l'origine de zones froides à l'intérieur des maisons (donc de sources d'inconfort) et génèrent des pertes thermiques importantes. Ils sont aussi une source de surconsommation (compensation de la paroi froide) et le siège de condensation entraînant pollution de l'air intérieur et dégradation prématurée du bâti.

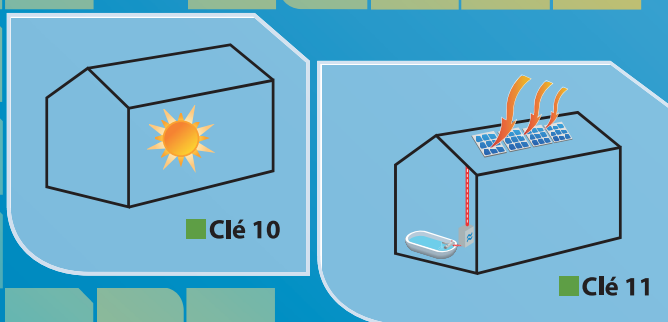


Pour lutter contre les ponts thermiques dans la construction neuve, il convient d'utiliser des systèmes d'isolation répartie (briques auto-isolantes, béton cellulaire,...), des maisons à ossature bois, ou encore des systèmes d'isolation par l'extérieur (ITE). En réhabilitation, l'ITE est à privilégier, mais si cela s'avère impossible, de nombreuses techniques alternatives existent.

37



Principe d'Isolation thermique par l'extérieur (ITE)



| 2 CLÉS

POUR L'INSTALLATION
D'ÉQUIPEMENTS
ADAPTÉS





I CLÉ 10

L'UTILISATION D'ÉNERGIES RENOUVELABLES : UN CHAUFFAGE À HAUT RENDEMENT.

Le chauffage et la production d'eau chaude dans l'habitat, représentent les 2/3 de la facture énergie des foyers. Ils sont un axe d'intervention prioritaire, aussi bien pour la construction neuve que pour la réhabilitation. Il est impératif de raisonner en "coût global", comprenant non seulement le coût du matériel et de son installation mais aussi les coûts d'utilisation et d'entretien, sur la durée de vie prévisionnelle. Dans tous les cas, il faudra privilégier les équipements à haut rendement. En basse consommation, dans notre région, il faut également être attentif à ne pas surdimensionner les installations de chauffage, voire à pouvoir presque s'en passer (maison passive). La production de calories et d'éventuelles frigories correspond, en construction bioclimatique, à des besoins d'appoints.

Choix du système de chauffage

Il s'agit ici de sélectionner une technologie en privilégiant les énergies renouvelables qui assurent la sobriété énergétique et le confort des usagers.

- **La chaudière à condensation au gaz ou au fioul (non renouvelable !).**

Par la récupération de la chaleur contenue dans les fumées (vapeur d'eau), la chaudière a un rendement très élevé si elle est reliée à un plancher chauffant ou à des radiateurs "basse température". Le gain sur une chaudière standard peut représenter 20% d'économie.



- **La pompe à chaleur (coefficient de la performance annuel supérieur ou égal à 3,5)**

Une installation géothermique puise la chaleur du sol par des capteurs horizontaux enterrés (1m en moyenne) ou verticaux profonds en fonction de la configuration du site. Ces systèmes sont très performants (1kWh d'électricité permet de fournir 4kWh de chaleur en moyenne).

Cependant, la géothermie est coûteuse à l'investissement et semble souvent peu adaptée à la basse consommation, sous climat méditerranéen. Il existe également des pompes à chaleur récupérant les calories de l'air extérieur. Pour des maisons "très basse consommation", il est possible d'associer une pompe à chaleur de faible puissance associée à une ventilation double flux (**voir clé n°5**).

Ce système, encore peu répandu, paraît en effet très prometteur.

- **La chaudière automatique à granule de bois**

Par un système automatisé, les granules de bois "renouvelables" garantissent une combustion régulée dans le temps, à la demande et quasi parfaite en rendement.

Peu polluantes, il est aujourd'hui difficile de trouver des chaudières d'une faible puissance adaptée aux maisons basse consommation.



- **La chaudière à bûche avec ballon tampon**

La chaudière à haut rendement, associée à un ballon tampon, fonctionne en permanence à sa puissance optimale ; ce qui garantit en période de chauffe, une performance optimale et la durabilité de l'équipement.

La complémentarité des calories de la chaudière et du ballon permet une adaptation fine en fonction des besoins.

- **Le poêle à bois**



Puissance moyenne des chaudières à bois en fonction de la surface à chauffer

En fonction des volumes à chauffer (compacité), un poêle à bois unique peut garantir le chauffage de la maison. Il suffit alors d'un chauffage complémentaire pour les salles d'eau (porte-serviette électrique par exemple). Il est nécessaire alors d'installer des poêles très performants ayant un rendement supérieur à 80%, par la combustion totale du bois.

Quel que soit le système de chauffage retenu, il conviendra d'installer un système de régulation optimisé (*thermostat d'ambiance, sondes extérieures, programme gérant les périodes de non occupation...*). Ces dispositifs permettent jusqu'à 20% d'économie supplémentaire.

Il conviendra également, d'isoler si besoin, les réseaux de distribution et de privilégier les planchers chauffants plutôt que des radiateurs plus chauds.

I CLÉ 11

L'EAU CHAUDE SANITAIRE : LE SOLAIRE ÉVIDEMMENT

Dans un bâtiment basse consommation, les besoins en énergie pour le chauffage et pour l'eau chaude sanitaire (ECS) se rééquilibrent. La production et l'utilisation ECS doivent faire l'objet d'une attention particulière.

- Le chauffe-eau solaire : quasiment incontournable



1. panneaux
2. ballon
3. pompe de circulation
4. régulation
5. circuit de transfert de chaleur
6. énergie d'appoint
7. vase d'expansion

Un chauffe-eau utilisant le soleil comme source d'énergie peut couvrir jusqu'à 80% des besoins d'un logement.

Les besoins complémentaires d'énergie d'appoint (électricité) deviennent marginaux.

Fonctionnement
d'un chauffe-eau solaire

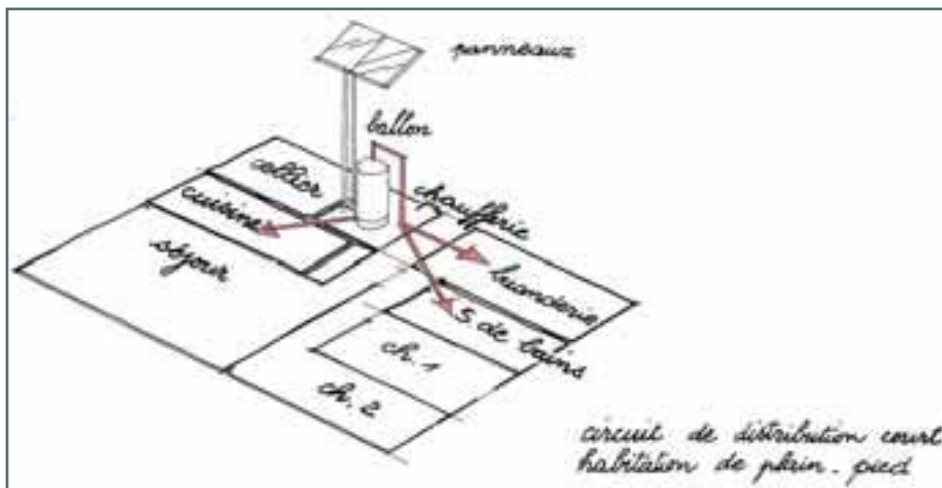
La mise en œuvre de cet équipement doit se faire en respectant l'intégration des capteurs solaires (toits, auvents, restanques,...). Concernant son dimensionnement, il faut compter une surface d'environ 1m^2 par occupant permanent de l'habitation.

- **ECS Thermodynamique**

L'eau chaude est fournie par une pompe à chaleur optimisée pour cet usage avec un COP annuel minimum de 3.

- **Pompe à chaleur air/eau**

L'air extrait par la ventilation du logement peut être utilisé pour le chauffage de l'ECS via une pompe à chaleur récupérant les calories de l'air vicié évacué.



UNE INSTALLATION PERFORMANTE

Il convient d'installer des ballons de stockage très fortement isolés pour limiter au maximum les pertes pouvant représenter de 6 à 15 kWh/m² par an.

Dans un bâtiment performant, outre l'énergie gaspillée, les calories perdues par le ballon peuvent contribuer aux surchauffes estivales.

L'utilisation de régulateurs de débit sur la robinetterie est très pertinente. Il faut rapprocher au maximum les points d'utilisation du point de production pour limiter les pertes dues au réseau de distribution.



| CONCLUSION

| GLOSSAIRE

| LIENS UTILES



I CONCLUSION

Le Conseil d'Architecture, d'Urbanisme et de l'Environnement du Var (CAUE VAR) met le cap sur le développement durable, en intégrant cette problématique de manière transversale à l'ensemble de ses missions.

Le présent document s'inscrit pleinement dans cette volonté de faciliter l'accès aux principales clés qui conditionnent un habitat raisonné, soucieux de préserver son environnement.

UN CAUE POUR QUOI FAIRE ?

Le CAUE VAR est un organisme départemental d'information, de conseil, de formation, de sensibilisation et d'information ouvert à tous.

Issu de la loi sur l'architecture du 3 janvier 1977, il est créé pour promouvoir la qualité de l'architecture, de l'urbanisme et de l'environnement.

Le CAUE VAR a été mis en place dans le département en 1984 à l'initiative du Conseil général.

Investi d'une mission d'intérêt public, dans un cadre et un état d'esprit associatifs, le CAUE VAR intervient sur l'ensemble du territoire varois.

Ses actions de conseil, de sensibilisation, d'information et de formation contribuent à donner à tous, des décideurs aux professionnels et usagers, les moyens de jouer leur rôle avec pertinence et efficacité sur le devenir de nos territoires.



Les 4 missions du CAUE VAR

> CONSEILLER

- les particuliers et les collectivités territoriales dans leurs démarches de construction et d'aménagement :
 - sur tous les aspects et les facteurs qui contribuent à la qualité du cadre de vie et de l'environnement ;
 - sur les démarches administratives et le choix de professionnels compétents.

> FORMER

- les élus à la connaissance des territoires et de leur évolution ;
- les enseignants qui souhaitent intégrer la connaissance de l'espace bâti et naturel dans leur projet pédagogique ;
- les professionnels et les acteurs du cadre de vie, par des journées thématiques de réflexion et de travail et des programmes de formation continue adaptés.

> INFORMER ET SENSIBILISER

- le grand public à la qualité de l'architecture, de l'urbanisme et de l'environnement (visites, conférences, expositions, publications de vulgarisation) et à l'esprit de participation (débats, tables-rondes, ateliers pédagogiques, etc).
- Le jeune public, acteur de demain, avec la mise en place d'ateliers et d'actions menés en collaboration de professionnels.

I GLOSSAIRE

- > **Capacité hygroscopique :**
capacité de certains corps à absorber l'humidité de l'air
- > **COP (Coefficient de performance) :**
la performance énergétique d'un climatiseur ou d'une pompe à chaleur se traduit par le rapport entre la quantité de chaleur produite par celle-ci et l'énergie électrique consommée par le compresseur. Ce rapport est le coefficient de performance (COP) de la pompe à chaleur. Plus le chiffre est élevé, plus le système est performant. Le plafond est actuellement de 7.
- > **Energies fossiles :**
énergie produite à partir de roches issues de la fossilisation des êtres vivants : pétrole, gaz naturel et houille. Elles sont présentes en quantité limitée et non renouvelable, leur combustion entraîne des gaz à effet de serre.
- > **Energie grise :**
total de l'énergie fossile nécessaire à la production (extraction, transformation, conditionnement, transport) et à la mise en œuvre d'une quantité donnée d'un matériau.
- > **Enveloppe du bâtiment :**
il s'agit de toutes les surfaces en contact avec l'extérieur ou un local non chauffé.
- > **Frigories :**
expression de l'unité de mesure thermique (la calorie) utilisée par les techniciens de production du froid. Une frigorie est une calorie négative.
- > **Gaz à effet de serre :**
gaz responsables de l'effet de serre atmosphérique et par conséquent du réchauffement climatique (ex : CO₂, méthane...)

- > **Géothermie :**
exploitation de la chaleur naturelle contenue dans l'écorce terrestre et ne provenant pas du rayonnement du soleil.
- > **Hygrométrie :**
science qui a pour objet de déterminer la quantité d'humidité contenue dans l'atmosphère.
- > **Ponts thermiques :**
ce sont les parties de l'enveloppe d'un bâtiment où sa résistance thermique est affaiblie de façon sensible.
- > **VMC :**
ventilation mécanique contrôlée

I LIENS UTILES

<http://cofor83.fr>

<http://www.pact-habitat.org>

<http://www2.ademe.fr>

<http://polebdm.eu>

<http://www.envirobat-med.net>

Ouvrage :

"La conception bioclimatique"

Samuel Courgey / Jean-Pierre Oliva - édition Terre vivante.

Direction de la publication : Nicolas Delbert, Directeur général du CAUE VAR

Rémi Bour, Directeur des études du CAUE VAR - Croquis : Jean-Luc Banchet & agence NBCommunication

Crédits photos : CAUE VAR / Milène Servel (maison verre / MO : William Bonnet) / Maison Sauzet / Shutterstock

Conception et exécution : Agence NBCommunication

Impression : Marim -  - 2500 exemplaires - édition décembre 2013

Le CAUE VAR

Qui peut consulter le CAUE ?

Les particuliers, les collectivités territoriales, les professionnels, les acteurs de l'aménagement du cadre de vie qui recherchent une information, une aide dans les domaines de l'architecture, de l'urbanisme et de l'environnement.

Pourquoi consulter le CAUE ?

Soucieux de la qualité de votre cadre de vie, vous recherchez les conseils d'un professionnel compétent et indépendant pour valoriser votre projet.

Quand consulter le CAUE ?

Le plus en amont possible de votre projet de construction, réhabilitation ou aménagement.

Où trouver le CAUE VAR ?

Palais liberté

17, Place de la Liberté
BP. 5512 - 83098 Toulon cédex
Tel. 04 94 22 65 75
Fax. 04 94 22 65 79
Email. contact@cauevar.fr
www.cauevar.fr

Ouvert du lundi au vendredi de 8h30-12h30 / 13h45-17h

Contactez-nous afin de connaître les jours de permanence des architectes conseillers du CAUE VAR sur votre commune ou territoire.