



La construction bois est unanimement reconnue pour ses hautes performances en hiver, dans les bâtiments à très basse consommation d'énergie. Néanmoins, ce système constructif véhicule aussi une image de bâtiment à faible inertie, au confort d'été mitigé. Pourtant, il est important de comprendre que l'inertie n'est ni le seul, ni surtout le principal paramètre qui influe sur le confort d'été.

Cette fiche technique reprend les résultats de simulations thermiques dynamiques\* sur un bâtiment simple de logement, avec différentes variantes. Les résultats ne doivent pas être extrapolés à tous type de bâtiment (en particulier les bâtiments tertiaires qui présentent des spécificités importantes).

Les principales **conclusions** tirées de cette présentation sont les suivantes :

- Le confort d'été est un phénomène complexe, les différents paramètres interagissant les uns avec les autres (exemple de la forte interaction inertie/surventilation nocturne).
- La simulation thermique dynamique\* est un outil intéressant pour prendre en compte ces interactions et optimiser un projet.
- Le rayonnement solaire (rayonnement direct, mais aussi rayonnement diffus) est le flux thermique très largement prépondérant.
- Une protection drastique des surfaces vitrées devra être installée, si possible des protections solaires mobiles (volets, stores...).
- Le confort d'été peut être amélioré en jouant également sur les paramètres suivant :
  - On minimisera les apports internes (ordinateurs fixes, éclairages, ballons d'eau chaude sanitaire, télévisions plasma...)
  - On ajoutera de l'inertie thermique au bâtiment pour stocker l'excédent de chaleur
  - On veillera à optimiser la ventilation (surventilation nocturne...)

## Le confort d'été : une notion complexe et difficile à modéliser

Le confort est une notion complexe qui dépend de nombreux paramètres

- Température de l'air
- Température des parois (surtout les parois les plus proches)
- Humidité relative de l'air
- Vitesse de l'air
- Métabolisme (digestion, activité physique...)
- Aspect psychologique (état de forme et du moral)
- Météo des jours précédents (effet d'accoutumance)
- Habillement

Si la plupart des facteurs dépendent du lieu, certains facteurs sont propres aux individus. Et comme ceux-ci sont tous différents, il est de fait impossible de contenter tout le monde. Le professeur danois

Fanger a défini un indice : le pourcentage de personnes insatisfaites, PPD en Anglais. Dans les mêmes conditions, certaines personnes auront trop chaud alors que d'autres se plaindront du froid. On estime qu'il restera au minimum 4% d'insatisfaits.



Par ailleurs, le confort d'été est plus complexe à modéliser que le confort d'hiver.

**En effet, en hiver :**

- le flux thermique va toujours dans le même sens, de l'intérieur vers l'extérieur ;
- les apports internes\* facilitent le chauffage ;
- l'excès d'humidité est atténué par le simple réchauffement de l'air (l'humidité relative baisse).

**Alors qu'en été :**

- le sens du flux thermique change entre la nuit et le jour ;
- les apports internes\* augmentent le besoin de rafraîchissement ;
- l'excès d'humidité ne peut être évacué et empêche un rafraîchissement par évaporation.

Les flux changeant de sens, le phénomène d'inertie des matériaux devient important. Or ce phénomène n'est pas (ou très mal) pris en compte par les logiciels "en régime permanent\*" ou "statiques". La simulation thermique dynamique\* s'impose donc.

## La maison ossature bois et les autres modes constructifs

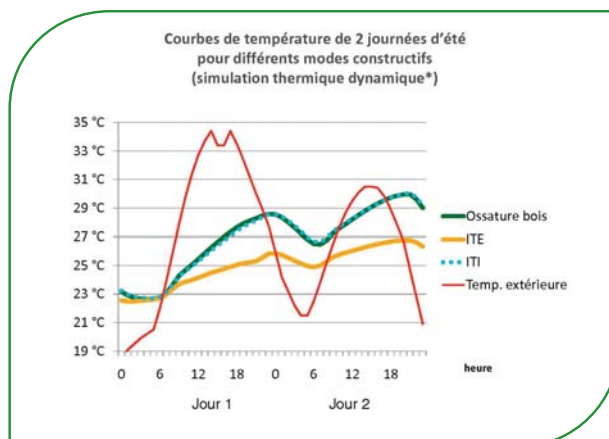
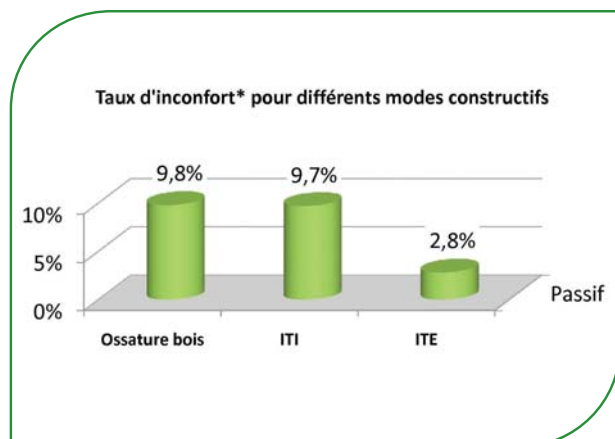
Différentes simulations thermiques dynamiques\* ont été réalisées, sur la base d'une maison passive, à 2 niveaux, dans la région de St Etienne. 3 compositions différentes des murs extérieurs ont été étudiées :

- mur isolé par l'intérieur (ITI), système le plus répandu aujourd'hui
- mur ossature bois,
- mur isolé par l'extérieur (ITE).

La résistance thermique de ces 3 parois est identique, ainsi que les autres paramètres utilisés dans la simulation. Les 3 maisons ont une dalle de rez-de-chaussée qui apporte un peu d'inertie, grâce à une chape béton de 5 cm d'épaisseur et un carrelage.

Le taux d'inconfort\* sur la période de 7 semaines d'été ne montre pas de différence entre la maison ossature bois et la maison isolée par l'intérieur (ITI). L'isolation par l'extérieur amène un confort supplémentaire.

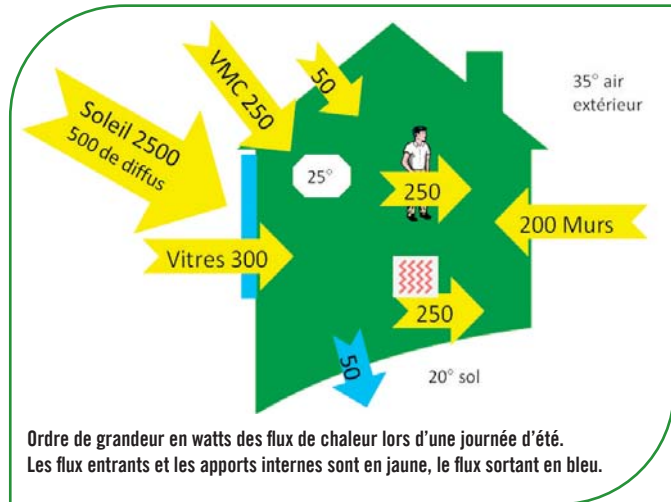
La maison ossature bois est donc comparable, en terme de confort d'été, à une maison isolée par l'intérieur.



# Quelle stratégie adopter ?

A partir de l'ordre de grandeur des flux de chaleur en journée (en jaune les flux entrants, en bleu les flux sortants), on s'aperçoit que :

- Le flux le plus important (et de loin) est le rayonnement solaire (direct et diffus) ;
- il y a production de chaleur à l'intérieur (apports internes\*: occupants, appareils ménagers, bureautique, éclairage) ;
- un seul flux évacue de la chaleur : vers le sol ;
- la somme des flux est donc forcément positive, et la température va augmenter à l'intérieur.



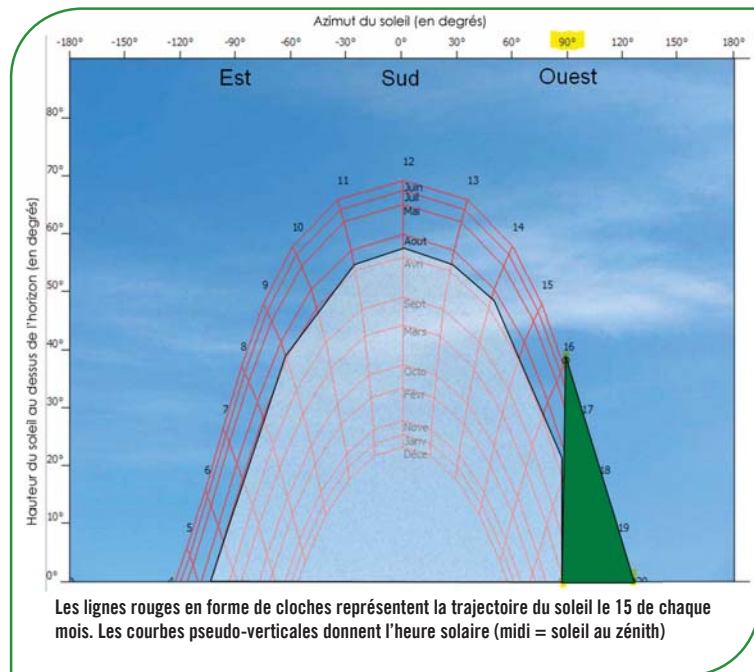
Il convient donc, si l'on ne veut pas climatiser, et en l'absence de puits canadien susceptible d'apporter quelques centaines de watts de fraîcheur :

1. de protéger drastiquement les vitrages du rayonnement solaire direct et diffus
2. de stocker l'excédent de chaleur (grâce à l'inertie thermique des matériaux)
3. d'attendre la nuit pour pouvoir ouvrir les fenêtres et "déstocker"

# Comment améliorer le confort d'été ?

## 1- Limiter les apports solaires

Alors qu'il faut laisser entrer au maximum le soleil en hiver, il faut s'en protéger en été. Avec des protections fixes, ceci est difficile et demande une étude détaillée à partir du mouvement du soleil à chaque période de l'année. Le mouvement du soleil est symétrique par rapport au solstice d'été du 21 juin. Le soleil aura donc la même position le 21 avril et le 21 août (2 mois avant et 2 mois après le solstice), et la protection fixe offrira le même ombrage à ces deux dates. Pourtant, le 21 avril, on souhaiterait bénéficier du rayonnement solaire s'il fait encore frais, alors que le 21 août on souhaiterait s'en protéger. Une protection fixe est donc un compromis imparfait et difficile à modifier. On préférera en général les protections mobiles.



**Le diagramme solaire permet de matérialiser les trajectoires du soleil au cours de l'année, et de positionner les protections solaires fixes :**

- ces dernières ne doivent pas masquer le soleil d'hiver (zone inférieure claire) pour bénéficier des apports solaires gratuits
- mais elles doivent masquer le soleil d'été (au dessus de la zone claire)
- à droite, on peut, entre l'ouest et le nord ouest, mettre des arbres persistants ou des masques fixes qui éviteront les surchauffes de fin de journée en été (zone vert foncée).

## • Les protections fixes

### Les arbres

Les arbres feuillus représentent une protection intéressante en été, et laissent passer les rayons du soleil après la chute des feuilles. Coté sud, il faut cependant qu'ils soient hauts ou proches du bâtiment pour être efficaces. Par contre, à l'ouest, ou à l'est, c'est une excellente solution.

### Les débords de toit

Le débord de toit ne peut être efficace qu'au sud. A l'ouest et à l'est, le soleil est trop bas, en hiver comme en été, pour être arrêté par ce type de protection solaire.

## • Les protections mobiles

### Les volets

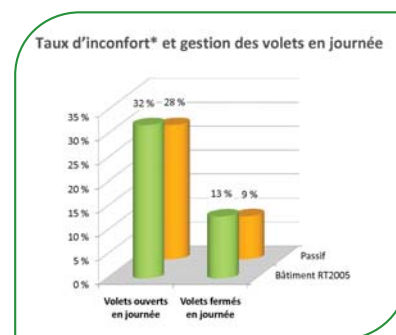
Il existe une grande variété de protections mobiles. Les volets sont les plus répandus et sont efficaces. Pour l'été, on préférera les volets en bois (plus isolants), les volets qui ne sont pas trop près de la fenêtre (volets à projection, volets qui peuvent se mettre "en cabane") pour éviter qu'une lame d'air surchauffée ne prenne place entre le volet et la fenêtre.

On choisira aussi des volets qui permettent de laisser passer un peu de lumière, pour éviter d'avoir à éclairer, ce qui apporterait de la chaleur à l'intérieur (apports internes). Les persiennes, les volets à projection sont de bons choix.

Les volets roulants sont souvent les moins intéressants, car ils sont près de la fenêtre, doivent être baissés totalement pour filtrer les rayons du soleil et, dans ce cas, ne laissent plus passer la lumière.



Baies vitrées au sud protégées par de larges débords de toits



### Les stores

Les stores doivent être extérieurs, sans quoi la chaleur est stockée à l'intérieur. Si ce n'est pas possible, il existe des stores intérieurs ayant une face réfléchissante pour minimiser la part de chaleur restant piégée à l'intérieur. Le meilleur choix est sans conteste le store extérieur à lames orientables, pouvant être automatisé, et donnant tous les réglages possibles entre chaleur et lumière. Il existe même des lames micro perforées permettant depuis l'intérieur de voir, tout en filtrant le soleil extérieur. Par contre, ce sont des produits qui doivent être de bonne qualité car soumis aux intempéries. Ils sont donc chers.

Enfin, lors des journées caniculaires, il peut être utile de fermer les volets aussi coté nord et là où il n'y a pas de soleil. En effet, les apports solaires peuvent être soit directs (les rayons du soleil) ou bien diffus (réflexions des rayons dans l'atmosphère, sur le sol, etc...). Et le soleil diffus, bien que beaucoup plus faible que le soleil direct, est cependant loin d'être négligeable dans le bilan thermique.



## 2 - Limiter les apports internes\*

Les apports internes sont très pénalisants et doivent être limités au maximum. Les ordinateurs fixes (les portables dans une moindre mesure), les éclairages (si les volets sont fermés), les ballons d'eau chaude sanitaire (en particulier solaires) en espace intérieur, les télévisions (surtout à Plasma), les sèche-linge, peuvent être des sources importantes de chaleur, rendant les autres stratégies inopérantes.

## 3 - Apporter de l'inertie au bâtiment

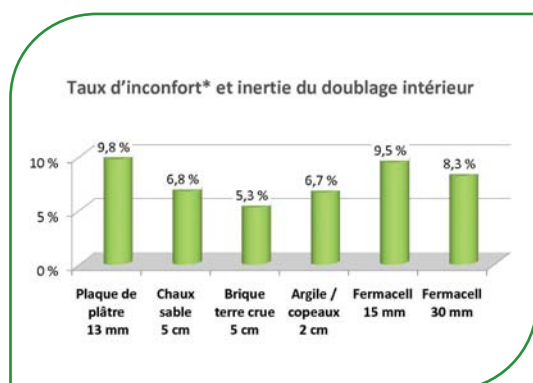
Il est possible d'ajouter de la masse thermique pour donner de l'inertie, rendre les variations de la température intérieure plus lente que les variations de la température extérieure.

### • Ajout de l'inertie sur la face intérieure des murs (doublage)

Plusieurs variantes ont été simulées en remplaçant la plaque de plâtre BA13 du doublage intérieur des murs :

- Enduit chaux sable de 5 cm d'épaisseur
- Brique de terre crue de 5 cm d'épaisseur
- Panneau argile / copeaux de bois de 2 cm
- Plaque de Fermacell de 15 mm
- Plaque de Fermacell de 30 mm

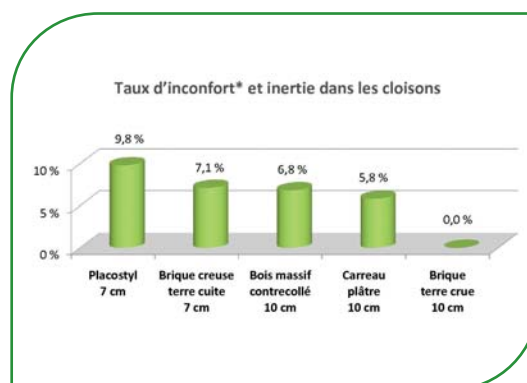
Si la brique de terre crue donne les meilleurs résultats, le panneau d'argile et copeaux de bois, eu égard à sa faible épaisseur, apparaît aussi comme un excellent choix.



Ajout d'un enduit chaux-sable (5 cm) en doublage intérieur des murs ossature bois.

### • Ajout de l'inertie dans les cloisons intérieures

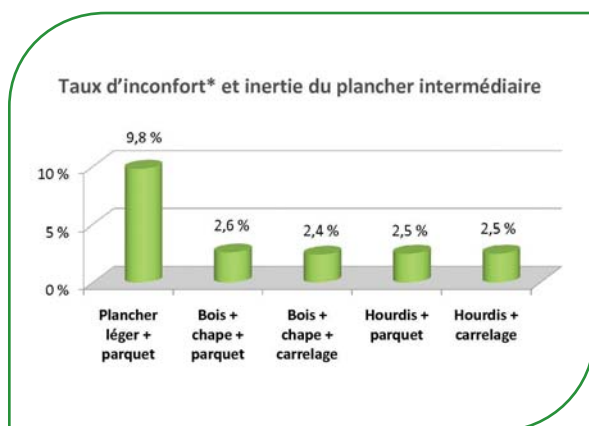
Différents types de cloisons ont été testés. La terre crue a un excellent pouvoir inertiel. Elle peut stocker, puis déstocker rapidement des grandes quantités de chaleur. On notera que le bois massif donne de bons résultats. Il donnerait par ailleurs un bon confort d'hiver, car c'est un matériau "chaud"



## • Ajout d'inertie dans le plancher intermédiaire

L'ajout d'inertie sur le plancher de l'étage, que ce soit avec des hourdis ou avec une chape sur un solivage bois, donne de bons résultats. Le revêtement carrelage ou bois n'apporte pas de différence notable. Par contre, un sol plastique légèrement isolant dégraderait probablement le confort. Pour ce type de bâtiment, l'apport d'inertie sur le plancher intermédiaire est sans doute une solution à privilégier.

Cette solution n'induit pas de perte de surface habitable, mais un plancher intermédiaire plus lourd à prendre en compte dans la conception.



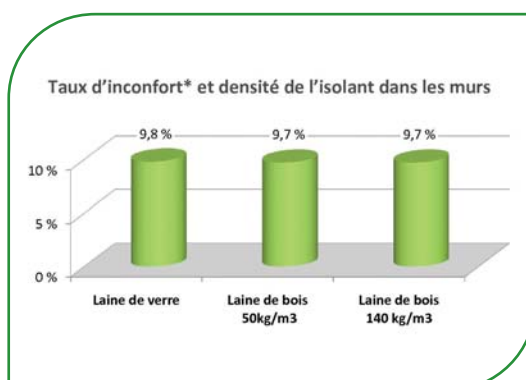
Mise en place d'un plancher Lignadal®, en bois et béton collaborant. L'intérêt est à la fois mécanique, acoustique et thermique (apport d'inertie).

## • Ajout de l'inertie dans les murs ossature bois

Si l'on ajoute une certaine masse thermique dans l'isolant du mur en remplaçant la laine de verre par de la laine de bois, basse ou haute densité, on obtient, dans le cas de notre exemple, un faible gain de confort. Le taux d'inconfort\* passe de 9,8% à 9,7%. Ceci s'explique par le fait qu'avec une maison très isolée, type "maison passive", le flux de chaleur qui passe dans les murs est faible. Déphaser ce flux n'apporte qu'un gain très faible.

Ceci peut aussi s'expliquer par le fait que dans un isolant, il faut beaucoup de temps pour stocker la chaleur : sa diffusivité est faible. La laine de bois ne peut donc pas servir pour stocker l'excédent de chaleur intérieur en attendant la nuit. Le stockage et le déstockage sont lents.

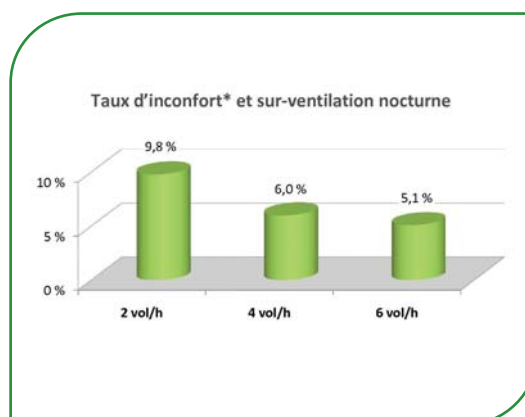
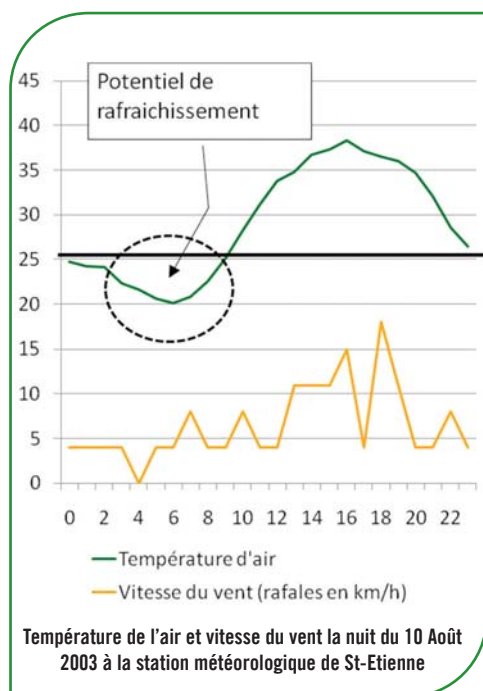
Cette conclusion ne doit cependant pas être extrapolée à toutes les configurations, en particulier aux parois soumises à des très fortes variations de température (toiture par exemple).



\* Voir en dernière page

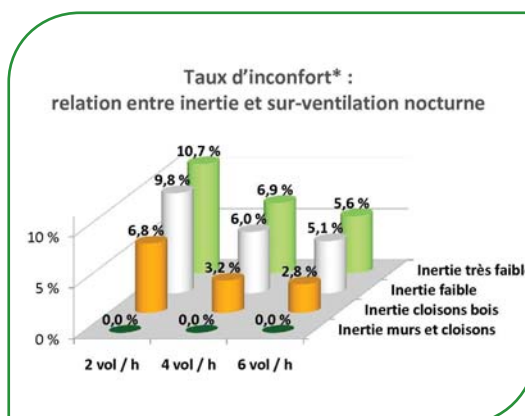
## 4 - Optimiser la ventilation

La surventilation nocturne peut être obtenue par ouverture de fenêtres (système le plus simple si la conception du bâtiment et l'environnement le permet), ou via une ventilation mécanique (solution plus complexe vu les débits d'air nécessaires). Pour être efficace, il faut que la température de fin de nuit soit inférieure à 25°C. Ceci est le cas sur la région stéphanoise, même pendant les canicules, comme le montre le graphique suivant.



On notera que dans le bâtiment qui a été simulé (inertie assez faible), le gain de confort est négligeable pour une surventilation nocturne au-delà de 4 volumes par heure. De manière générale, sans masse thermique accessible (inertie), il ne sert à rien de ventiler beaucoup.

En période de canicule, la ventilation naturelle traversante ne permet pas toujours d'aller au-delà de 2 volumes par heure. Il est alors utile d'avoir plus d'inertie pour améliorer le confort, comme le montre le graphique suivant.



## En conclusion

Cette fiche technique reprend les résultats de simulations thermiques dynamiques\* sur un bâtiment simple de logement, avec différentes variantes. Les résultats ne doivent pas être extrapolés à tous types de bâtiment (en particulier les bâtiments tertiaires qui présentent des spécificités importantes).

Cependant, on peut retenir quelques enseignements généraux :

- Le confort d'été est un phénomène complexe, les différents paramètres interagissant les uns avec les autres (exemple de la forte interaction inertie/surventilation nocturne). La simulation thermique dynamique\* est un outil intéressant pour prendre en compte ces interactions et optimiser un projet.
- Le rayonnement solaire (rayonnement direct, mais aussi rayonnement diffus) est le flux thermique très largement prépondérant. La maîtrise du confort d'été passe donc prioritairement par une protection drastique des surfaces vitrées, si possible à l'aide de protections solaires mobiles.
- Le confort d'été peut ensuite être optimisé en jouant sur les autres paramètres : minimisation des apports internes, apport d'inertie thermique judicieusement placée, associé à une surventilation nocturne suffisante...

## En savoir plus

**Apports internes** : dans un bâtiment, l'énergie dégagée par les occupants et certains équipements est baptisée "apports internes". On estime qu'un occupant émet en permanence environ 80 watts (ce chiffre dépend du poids et varie en fonction de l'activité physique...). Les équipements qui participent aux "apports internes" sont, par exemple : l'éclairage, les appareils électroménagers, la hi-fi, la bureautique... Ces "apports internes" sont intéressants en hiver car ils diminuent la consommation de chauffage, mais défavorables en été car ils participent à l'augmentation de la température intérieure.

**Calculs thermiques en régime permanent** : de nombreux calculs thermiques ont une approche "en régime permanent", c'est-à-dire indépendante du temps. La température intérieure est ainsi fixée (19°C par exemple dans les calculs "réglementaires"), ainsi que la température extérieure. Par exemple, pour modéliser les déperditions thermiques d'une journée donnée, on utilise la température extérieure moyenne de cette journée (et non pas la température réelle heure par heure). Cette simplification du "régime permanent" donne des résultats souvent proches de la réalité, en particulier en thermique d'hiver. Mais cette approche simplifiée n'est pas en mesure de modéliser les effets de l'inertie thermique. En effet, ceux-ci ne se manifestent que dans le cas de variations de la température dans le temps.

**Logement et bâtiment tertiaire** : cette fiche technique aborde essentiellement le confort d'été dans le logement. Les bâtiments tertiaires ont des spécificités fortes, du fait par exemple des apports internes plus importants (plus d'occupants et plus d'appareils électriques) et de la difficulté de ventiler la nuit par ouverture des fenêtres. Les stratégies à adopter pour le confort d'été dans les bâtiments tertiaires sont donc souvent différentes.

**Simulation thermique dynamique** : contrairement aux calculs en régime permanent, ces calculs thermiques utilisent des données temporelles (en général des fichiers météo, avec température extérieure et ensoleillement heure par heure), et donnent comme résultats des "courbes de température" (en général dans chaque pièce ou dans chaque zone thermique homogène). Ces simulations thermiques dynamiques prennent ainsi en compte les effets de l'inertie et sont donc plus pertinentes pour une analyse du confort d'été.

**Taux d'inconfort** : dans ce document, le taux d'inconfort retenu est le pourcentage de temps (sur les 7 semaines les plus chaudes) pendant lequel la température est au dessus de 27°C.

### Légende des photos

**Page 1** : Lycée, Saint-Etienne (42). Architecte : JP. Boujot

**Page 4** : Centre pour l'environnement, Theix (42). Architecte : Y. Perret

### Crédits photos

GPF, Archipente, IFB 42

### Crédits texte

Franck Janin



Avec le soutien financier de



Financé avec  
l'aide de l'Union  
européenne  
FEDER

### Inter Forêt-Bois 42

Espace Fauriel – BP 78  
35 rue Ponchardier  
42010 Saint Etienne Cedex 02

Tél. 04 77 49 25 60

contact@ifb42.com

**Inter  
Forêt-Bois 42**