

L'habitat innovant au service de notre bien-être et de la planète

Didier Roux est membre de l'Académie des sciences et de l'Académie des technologies.

1 Pourquoi le monde de la construction doit innover

1.1. Les trois grandes raisons du besoin d'innovation

Ce chapitre aborde sous un nouvel angle une question récurrente dans ce livre : Pourquoi le monde de la construction doit-il innover, alors que l'habitat existe depuis des milliers d'années ? Et plus précisément : pourquoi a-t-on besoin de scientifiques dans un domaine déjà marqué par la diversité et l'invention ?

La réponse découle bien sûr de trois observations : la croissance démographique depuis des millénaires, la crise énergétique qui en résulte et qui impose de remplacer les énergies fossiles¹ par de nouvelles sources, ainsi que les problématiques environnementales omniprésentes.

1. Énergies fossiles : sources d'énergie non renouvelables issues de restes fossilisés d'organismes anciens (pétrole, gaz naturel, charbon). Elles libèrent du CO₂ en brûlant et contribuent au réchauffement climatique.

Dans les années 2010, la Terre comptait environ 7 milliards d'habitants, répartis pour moitié en milieu urbain et pour l'autre en zones rurales. Les projections démographiques estiment que nous serons 10 milliards en 2050, avec une explosion de la population urbaine. Ce phénomène, déjà marqué en Europe et en Amérique, prend une ampleur bien plus grande en Asie et, surtout, en Afrique. Selon les prévisions, 66 % de la population mondiale vivra en ville d'ici 2050 (voir **Figure 1**). Si ces estimations se confirment, cela signifie qu'entre 2010 et 2050,

il faudra construire autant d'habitats urbains que tout ce qui a été bâti depuis les origines de l'humanité.

Un effort sur l'histoire de l'habitat, comme on la trouve dans les universités spécialisées ou dans les cabinets d'architecture, fait prendre conscience de l'extrême diversité des réalisations faites dans les zones d'habitation anciennes : des habitations troglodytes présentes dans les zones désertiques et rocheuses aux célèbres (et pas seulement anciennes) habitations adaptées aux zones polaires, les igloos... pour ne pas parler des trésors d'inventivité observables pour les habitations en bois des régions forestières ou à cultures végétales, ainsi que d'autres surprenantes réalisations.

Ces données révèlent l'ampleur du défi auquel est confrontée la construction mondiale, sous l'effet conjugué de la croissance démographique et de l'exode rural. Une véritable révolution s'impose dans le domaine de l'habitat : les bâtiments doivent évoluer, tant dans les matériaux que dans les méthodes de construction, pour répondre aux contraintes émergentes.

Un bref éclairage sur la question énergétique permet de mesurer l'étendue du problème. La **figure 2** compare les dépenses énergétiques en Europe selon trois secteurs : 1/ l'habitat, 2/ le transport et 3/ l'industrie. Les bâtiments représentent à eux seuls 42 % de la consommation énergétique totale du continent. Près de la moitié de cette énergie

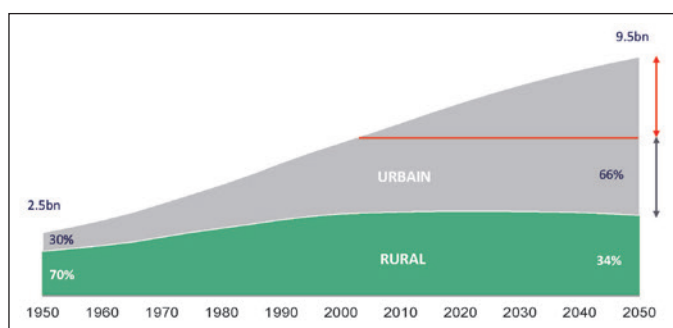


Figure 1

Répartition de la population rurale/urbaine.

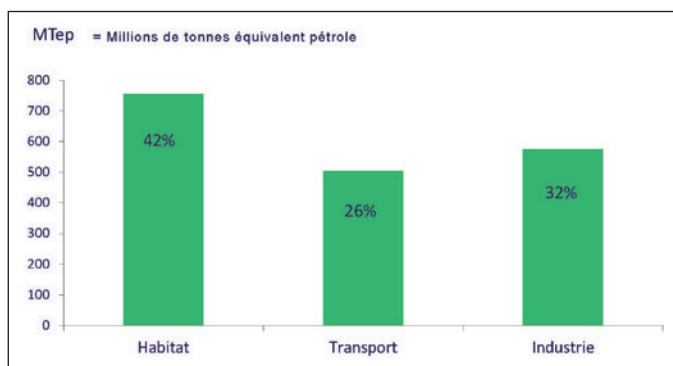


Figure 2

Dépenses énergétiques en Europe selon le secteur.

est consacrée au chauffage ou à la climatisation des lieux où nous vivons et travaillons. En comparaison, le transport en absorbe environ 26 % et l'industrie (incluant l'agriculture) 32 %. L'habitat constitue donc le premier poste de dépense énergétique, non seulement en Europe, mais aussi à l'échelle mondiale.

Tous les pays ont pris conscience de cette réalité et de l'urgence à agir. Les études techniques analysent et détaillent les dépenses énergétiques selon les types d'habitations et d'équipements (**Figure 3**). En France, cette prise de conscience a conduit à l'élaboration de règles strictes, notamment les réglementations environnementales (RE).

La maîtrise des consommations énergétiques permet d'exercer un contrôle plus efficace sur ces dépenses. Par exemple, dans l'habitat ancien, le chauffage peut engendrer des consommations de l'ordre de 400 à 500 kWh/m² du fait de la contribution du chauffage, alors que celle-ci grâce à la réglementation thermique RT2005 applicable aux habitations modernes a pu être réduite à environ 40 kWh/m².

Face à la situation mondiale des ressources énergétiques, l'impératif est clair : réduire la consommation. Il ne s'agit pas seulement du chauffage, dont les coûts sont scrupuleusement suivis par les autorités, mais de l'ensemble des dépenses énergétiques – qu'il s'agisse du sanitaire, de l'électroménager, ou d'autres usages. C'est ce que met en lumière la **figure 4**. On y

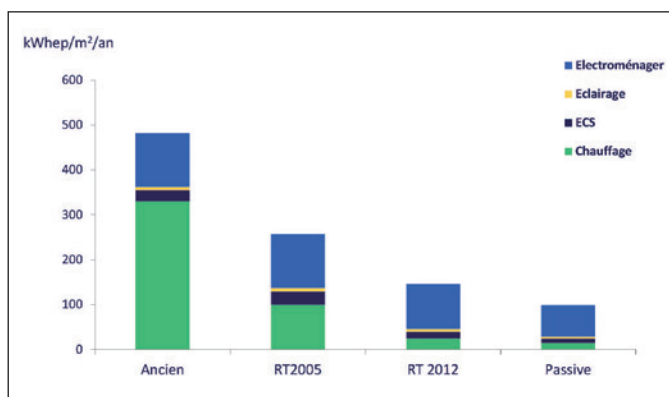


Figure 3

La consommation énergétique des bâtiments (RT = Réglementation Thermique).

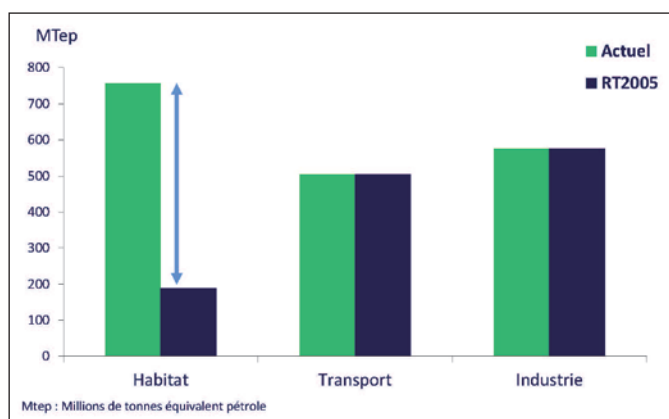


Figure 4

Économie potentielle énergétique.

observe de manière frappante le poids de l'habitat : les économies réalisables chaque année sur ce poste, au rythme actuel, pourraient équivaloir à la totalité des dépenses annuelles combinées du transport et de l'industrie. Un constat qui souligne, une fois encore, la responsabilité majeure de l'habitat dans la gestion de l'énergie.

1.2. Différences de besoin entre pays développés et pays en développement

La question énergétique est, par nature, une problématique internationale. Certains pays sont producteurs et exportateurs, tandis que d'autres, comme l'Europe, dépendent des importations. C'est un domaine où la solidarité doit s'imposer, ce qui implique de bien comprendre les disparités de situations et de solutions entre les nations.

Quelques observations sur la construction de logements, synthétisées dans la **figure 5** :

- dans les pays en développement, marqués par une forte croissance démographique et un exode rural, l'enjeu consiste à construire du neuf en appliquant des normes réglementaires plus exigeantes que celles qui prévalaient autrefois ;
- dans les pays développés, le défi principal réside dans la rénovation du parc immobilier existant, la construction de nouveaux logements ne représentant qu'environ 1 % par an.

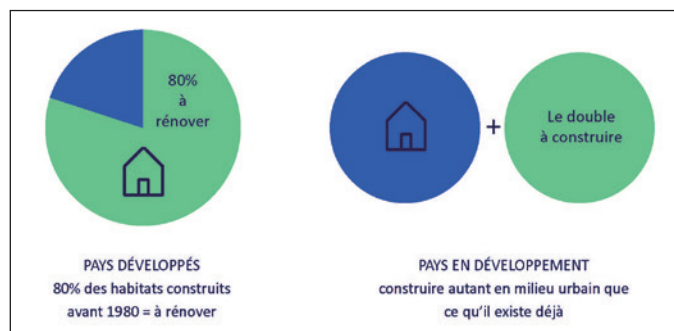


Figure 5

Besoin des habitats entre pays développés et en développement.

2 Exemples d'innovations dans les matériaux et techniques

2.1. Principes de l'isolation

Une maison, c'est avant tout une enveloppe conçue pour protéger l'intérieur des agressions extérieures. Pour limiter les pertes énergétiques, il est essentiel de l'isoler efficacement. Le meilleur isolant, c'est l'air, à condition qu'il soit immobile.

Prenons un exemple concret : notre corps est entouré d'un air ambiant à environ 22-23 °C, tandis que notre peau affiche une température de 35-36 °C. Si nous sortons sans protection, nous ressentons le froid, car l'air extérieur est bien plus frais. En revanche, si nous portons un vêtement épais, nous emprisonnons une couche d'air autour de nous. Cet air, immobile, conserve notre chaleur et nous isole du froid.

Un bon isolant fonctionne sur le même principe : un matériau léger qui piège l'air et empêche son déplacement par un air plus froid.

2.2. Isolants à haute performance

Il existe aujourd'hui des matériaux innovants offrant des performances d'isolation exceptionnelles. Je vais vous en présenter deux : l'aérogel et le panneau isolant sous vide. Qu'est-ce qu'un aérogel ? Prenons l'exemple de l'aérogel² de silice. Il s'agit d'une

2. Aérogel : matériau ultraléger et très poreux (composé jusqu'à 99 % d'air), fabriqué à partir d'un gel dont on remplace le liquide par du gaz.

particule de silice poreuse, une forme de sable cristallisé, extrêmement légère et dotée de pores microscopiques – de moins d'un micron. Pourquoi des pores aussi petits ? Parce qu'à cette échelle, les molécules d'air ne peuvent se déplacer d'un micron sans entrer en collision avec les parois de leur environnement. Résultat : leur capacité à transporter la chaleur devient très faible. Grâce à des pores de quelques centaines de nanomètres, les aérogels réduisent suffisamment la conductivité thermique pour offrir une isolation encore plus performante que celle de l'air immobile évoquée précédemment.

Un deuxième matériau utilisé pour concevoir des isolants hautement performants est inspiré des technologies de réfrigération. Pour l'exploiter, on y crée un vide partiel, tout

en le stabilisant avec de la silice (appelée aussi « fumée de silice³ »), selon la technique des panneaux isolants sous vide (*Vacuum Insulating Panels* en anglais). Ces panneaux sont recouverts d'une couche d'aluminium, qui assure deux fonctions essentielles : l'étanchéité⁴ et le blocage des rayonnements thermiques.

La **figure 6** montre les performances obtenues avec différents matériaux.

Un panneau isolant sous vide affiche une conductivité thermique de l'ordre

3. Poudre très fine de dioxyde de silicium (SiO_2), utilisée comme charge légère dans certains matériaux isolants.

4. Étanchéité : propriété d'un matériau ou d'une construction à empêcher le passage de l'air, de l'eau ou de la vapeur, essentiel pour une bonne isolation.

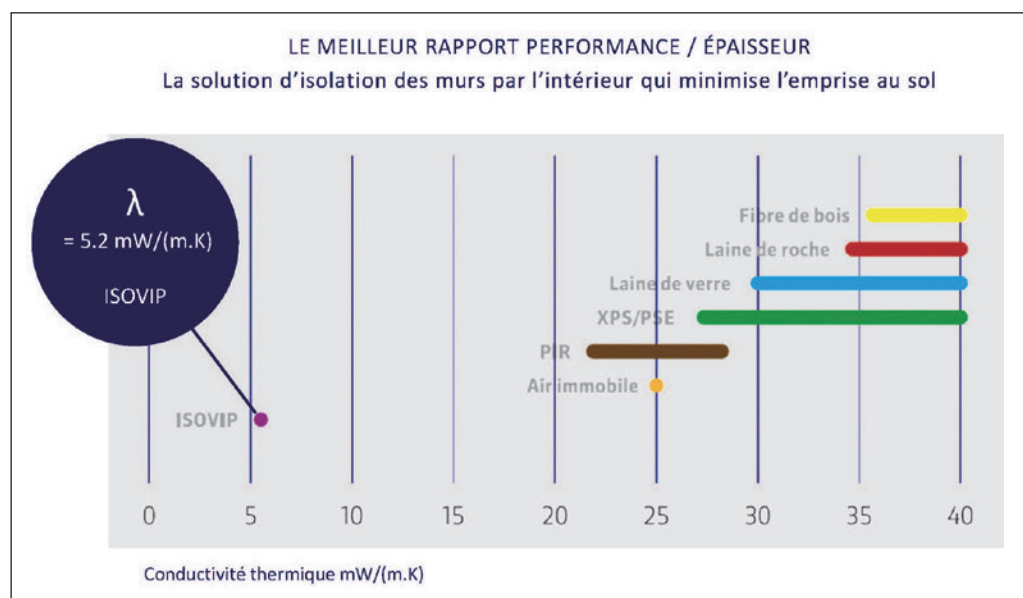


Figure 6

Performance d'isolation de différents matériaux, sous vide.

de 5 000 W/m·°C contre 30 à 35 W/m·°C pour les isolants classiques. Cette performance en fait une solution particulièrement adaptée aux enjeux d'isolation. Pourtant, bien que largement adoptés en Allemagne et dans les pays nordiques, ces panneaux restent peu utilisés en France, où ils sont vendus trop chers.

3 Mesure des performances énergétiques des bâtiments

3.1. Problème actuel

Bien sûr, les professionnels du bâtiment réalisent de nombreux calculs sur les matériaux : les performances énergétiques ou la résistance des structures. Pourtant, un constat surprenant s'impose : s'ils calculent beaucoup, ils mesurent rarement. Lorsqu'un bâtiment est livré ou vendu, ses performances réelles sont peu ou pas vérifiées par rapport aux calculs théoriques initiaux. Chaque matériau est certifié individuellement, mais l'ensemble construit, qui détermine les performances globales du bâtiment, est rarement évalué dans son intégralité.

Un exemple frappant, mené par les ingénieurs de Saint-Gobain, illustre cette problématique. Leur objectif ? Mesurer – et non simplement calculer – la performance énergétique réelle d'un bâtiment. Résultat : les mesures n'ont pas concordé avec les prévisions. La réponse à ce paradoxe est la présence de

ponts thermiques⁵. Des fuites thermiques, non anticipées dans les calculs, proviennent d'imperfections dans l'assemblage des matériaux – des défauts rendus visibles grâce à des photos infrarouges.

3.2. Analogie avec les circuits électriques

D'un point de vue thermique, un bâtiment fonctionne comme un circuit électrique RC⁶. Cela signifie que, lorsque vous entrez dans un bâtiment froid et que vous activez le chauffage, l'énergie consommée sert à deux choses distinctes :

- réchauffer les matériaux intérieurs (par exemple, les porter de 5 à 20 °C) – une énergie comparable à la capacité⁷ d'un circuit RC, qui correspond à l'inertie thermique des matériaux ;
- compenser les pertes thermiques : la chaleur qui s'échappe par les vitrages, les murs, le sol ou le toit. Cette énergie, équivalente à la résistance d'un fil conducteur, vise à maintenir la température malgré les fuites.

5. Ponts thermiques : zones d'un bâtiment où l'isolation est rompue ou moins efficace (ex. : jonctions mur/plancher), provoquant des fuites de chaleur importantes et des déperditions énergétiques.

6. Circuit RC : modèle physique comparant un bâtiment à un circuit électrique avec résistance (R, pertes thermiques) et capacité (C, stockage de chaleur dans les matériaux).

7. Capacité (thermique) : quantité de chaleur nécessaire pour augmenter la température d'un matériau ou d'un objet de 1 °C. Les murs épais ont une forte capacité thermique (inertie).

Le défi réside dans le fait que ces deux types d'énergie – celle qui chauffe la matière et celle qui comble les déperditions – sont indissociables dans la pratique. Il devient alors difficile d'isoler précisément la part des pertes thermiques pures, qui reflète la performance réelle du bâtiment.

3.3. Méthode innovante de mesure

Pour évaluer la performance thermique d'un bâtiment – c'est-à-dire, par exemple, les fuites de chaleur de l'intérieur vers l'extérieur – il faudrait d'abord fixer des conditions stables : température intérieure, température extérieure, et autres paramètres environnementaux. Mais en réalité, cette stabilité est impossible à obtenir.

Une mesure instantanée n'a que peu de sens, car les échanges thermiques ne sont pas immédiats. De plus, les températures, qu'elles soient intérieures ou extérieures, sont constamment variables (**Figure 7**). À l'extérieur, les cycles jour/nuit, les vents et les variations météorologiques perturbent en permanence les conditions. À l'intérieur, bien que l'on puisse tenter de réguler la température, il reste indispensable de disposer d'un modèle fiable pour comprendre et anticiper ces échanges thermiques complexes.

Une méthode ingénieuse a été développée pour surmonter ces difficultés : la méthode des perturbations. Le principe ? Préparer le bâtiment en minimisant au maximum les variations thermiques – les occupants sont invités à limiter

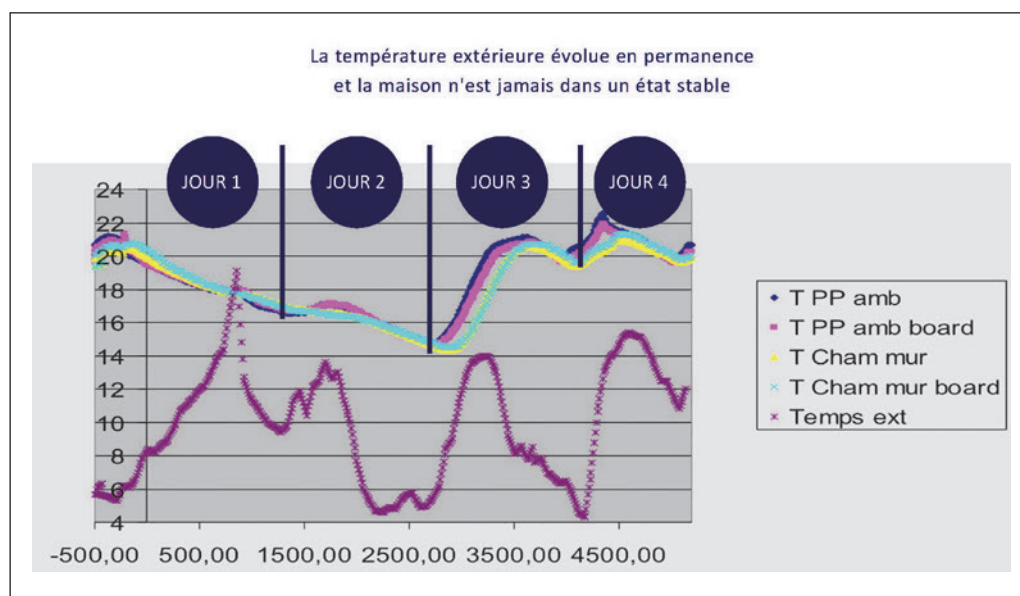


Figure 7

Évolution thermique au sein d'une maison.

leur impact sur l'environnement intérieur. On enregistre alors les températures de référence.

Soudain, une perturbation thermique intense et brève est introduite. Immédiatement après, de nouvelles mesures sont effectuées.

Vient ensuite l'étape cruciale : l'analyse des données. Les variations brutales observées permettent de modéliser la cinétique des réponses thermiques du bâtiment. Les paramètres recherchés – ceux qui définissent la performance thermique réelle de la maison – émergent de cette analyse.

Cette approche est prometteuse, mais elle impose des contraintes expérimentales strictes. Pourtant, elle ouvre une voie concrète : suivre les résultats futurs (issus de la littérature ou d'études en cours)

pour en tirer des enseignements.

Et la bonne nouvelle ? Ça fonctionne, comme en témoignent les développements qui suivent.

3.4. Validation expérimentale

Les ingénieurs de Saint-Gobain ont mis cette méthode à l'épreuve dans des conditions optimales (*Figure 8*). Pour cela, ils ont collaboré avec l'université de Salford, en Angleterre, qui dispose d'une installation unique : une maison anglaise typique, intégralement reconstruite à l'intérieur d'un bâtiment. Ce dernier permet de contrôler parfaitement l'environnement extérieur de la maison : maintenir une température constante, simuler la pluie, voire la neige, afin de recréer des conditions climatiques artificielles identiques à la réalité.

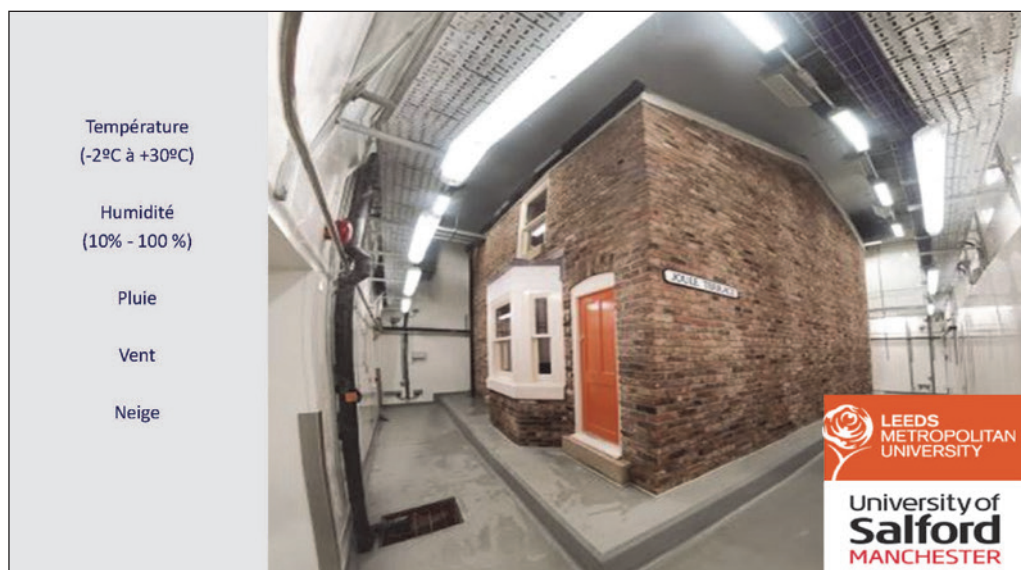


Figure 8

Expérience de mesure thermique en conditions idéales.

Pour les ingénieurs, passionnés de mesures, cette configuration a permis de déployer une multitude de capteurs afin d'analyser les performances thermiques avec une précision inégalée. La **figure 9** illustre les résultats sur 4 à 5 jours : la température intérieure reste parfaitement stable à 20 °C, tandis que la température extérieure est maintenue à 5 °C. Grâce à cet état stationnaire idéal, il devient possible de mesurer exactement les performances du bâtiment (**Figure 9**).

Sur la courbe en bas à gauche, on observe l'énergie nécessaire pour maintenir ces températures. Au début, la consommation est légèrement plus élevée, car il faut réchauffer les parois de la maison. Puis, une fois l'équilibre atteint, l'énergie se stabilise à un niveau constant,

correspondant uniquement aux pertes thermiques à compenser.

Cette méthode, validée en conditions contrôlées, peut désormais être appliquée en seulement 2 ou 3 heures pour évaluer les performances énergétiques réelles d'un bâtiment. Une avancée majeure !

4 De l'imagination pour améliorer la performance

4.1. Matériaux à changement de phase

L'isolation des murs permet d'atténuer les variations de température. Nous avons déjà exploré l'importance des matériaux isolants – une idée simple, naturelle et employée depuis toujours.

Grâce aux avancées scientifiques, de nouvelles approches

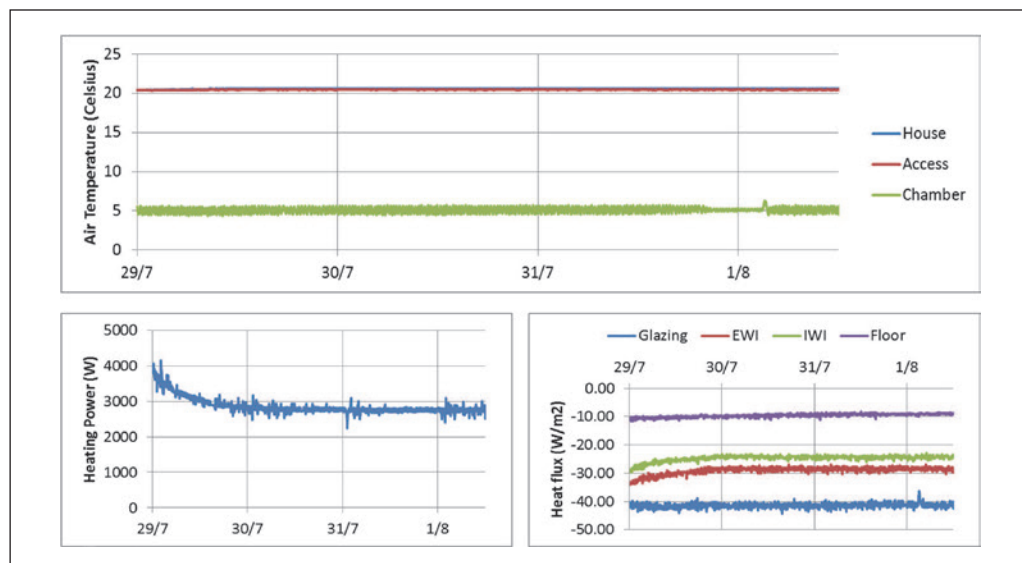


Figure 9

Résultats de l'évolution thermique en conditions idéales.

émergent pour exploiter les matériaux et obtenir des effets similaires, mais avec des propriétés distinctes.

Prenons l'exemple des matériaux à changement de phase et de leur intérêt.

Un rappel de physique et chimie élémentaires : un corps pur change d'état en fonction de la température (**Figure 10**). À température ambiante, l'eau est un liquide. Si vous la chauffez à 100 °C (à pression atmosphérique), elle se transforme en vapeur – une transformation réversible. À l'inverse, si vous l'abaissez à 0 °C, elle se solidifie en glace, là encore de manière réversible.

Ces changements d'état s'accompagnent de phénomènes thermiques qui nous intéressent directement. Par exemple, la glace qui fond en

eau liquide absorbe de la chaleur (chaleur latente⁸), tout comme l'eau qui s'évapore. Plus généralement, dans une maison, il est possible d'utiliser un matériau (pas seulement de l'eau) capable d'absorber ou de restituer de la chaleur lors d'un changement de phase. Ce matériau atténuera ainsi les variations indésirables de température dans son environnement. Beaucoup de composés subissant des changements de phase, susceptibles de réguler la température des bâtiments, sont commercialisés, par exemple sous les marques « Micronal » ou « Dupont ».

8. Chaleur latente : énergie absorbée ou restituée lorsqu'un matériau change d'état (solide → liquide → gaz), sans variation de température.

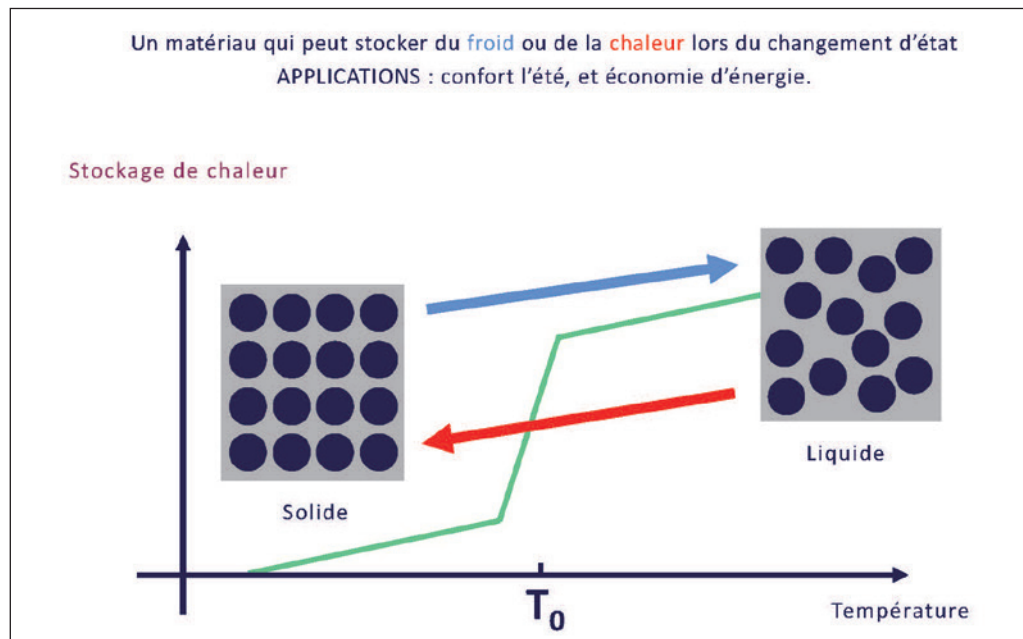


Figure 10

Changement de phase d'un matériau.

Les ingénieurs ont imaginé exploiter cette propriété pour créer des matériaux actifs capables de stocker la chaleur. Leur idée ? Encapsuler des substances qui passent de l'état solide à liquide dans de petites capsules, puis les intégrer directement aux matériaux de construction des murs. L'objectif est clair : utiliser la transition de phase de ces matériaux encapsulés pour atténuer les variations de température indésirables à l'intérieur des bâtiments, et économiser ainsi sur les dépenses d'énergie de chauffage.

4.2. Puits canadien ou puits provençal

Pour réguler la température intérieure d'un bâtiment, la méthode la plus courante, comme nous l'avons vu précédemment, repose sur l'échange entre l'air ambiant et une source de chaleur, que l'on active ou modère selon les besoins. Pourtant, l'innovation ouvre la voie à une diversité de techniques – moins coûteuses, mieux adaptées aux contraintes spécifiques ou aux espaces disponibles. Nous allons en explorer plusieurs ici.

Parmi ces solutions, on trouve par exemple les vitrages actifs, dits électrochromes⁹. Ceux-ci permettent de contrôler la quantité de rayonnement solaire pénétrant dans le bâtiment. Le rayonnement capté génère un signal électrique,

qui peut être directement converti en chaleur.

Une autre technologie, d'une simplicité remarquable, porte différents noms selon les régions : « puits canadien » (Fig. 11) ou « puits provençal » (Fig. 12). Son principe ? Exploiter l'inertie thermique du sol. Même en plein été, lorsque les températures extérieures atteignent 35 ou 40 °C, à 10 mètres sous terre, la température reste stable, aux alentours de 15 °C. Une ressource naturelle et efficace pour tempérer l'air intérieur.

En période de forte chaleur, il est possible de capter l'air extérieur, de le refroidir par échange thermique avec le sol, puis de le réinjecter dans la maison sous forme d'un air rafraîchi. Ainsi, la maison est climatisée naturellement : l'air chaud extérieur cède ses calories au sol, ce qui abaisse sa température avant qu'il ne pénètre dans l'habitat.

À l'inverse, dans les régions où les températures chutent sous les -20 ou -30 °C, au lieu d'injecter directement cet air glacé dans la maison, on le préchauffe d'abord en le faisant circuler au contact du sol, dont la température se maintient aux alentours de 10 à 15 °C. L'air ainsi réchauffé demande ensuite moins d'énergie pour atteindre une température confortable. Cette méthode permet de climatiser l'habitat de manière naturelle et économique : c'est le principe du « puits canadien ».

La **figure 11** illustre un exemple concret : une maison équipée des tuyaux nécessaires et des tranchées adaptées pour mettre en œuvre ce système.

9. Vitrage électrochrome : verre « intelligent » qui change de teinte (plus sombre) sous l'effet d'un courant électrique faible, pour contrôler la lumière et la chaleur entrantes sans store.

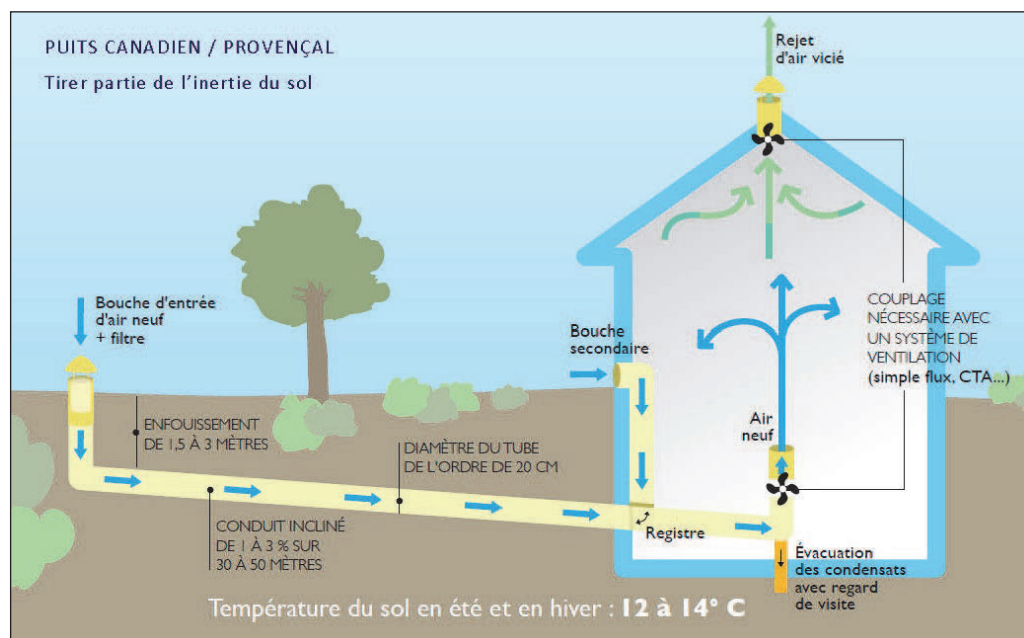


Figure 11

Schéma d'un habitat exploitant un puits canadien/provençal.



Figure 12

Application concrète d'un puits canadien/provençal.

4.3. Utilisation de l'éclairage naturel

Pour améliorer le confort des habitants, l'humanité s'inspire de plus en plus de la nature. Nous venons d'en voir un exemple avec les puits canadiens ou provençaux, qui exploitent les propriétés

naturelles de l'air : sa capacité à circuler et à transporter la chaleur, permettant ainsi d'atténuer les excès ou les carences thermiques selon les besoins.

Les progrès en éclairage, notamment avec l'invention des LED, ouvrent une nouvelle

voie pour reproduire cette approche. Cette fois, ce n'est plus l'air qui déplace la chaleur, mais la lumière elle-même qui en devient le vecteur.

Prenons un exemple concret : agir directement sur le rayonnement solaire. Lorsqu'il atteint la maison, pourquoi ne pas le réfléchir vers le plafond ? À condition, bien sûr, que ce dernier soit très réfléchissant. Résultat : la lumière se diffuse dans toute la pièce, transformant un espace sombre et marqué par des zones d'ombre en un environnement lumineux et homogène. Inutile de préciser que l'énergie lumineuse qui l'accompagne réchauffe naturellement l'ensemble de la pièce.

Il existe aussi des techniques plus avancées pour des effets encore plus ciblés. Par exemple, on peut capter la lumière sur les toits, la rediriger vers l'intérieur de la maison via des fibres optiques, et l'acheminer vers des espaces sans éclairage naturel ni fenêtres – leur redonnant ainsi vie. C'est ce qu'on appelle le *daylighting*, une méthode qui apporte non seulement de la lumière, mais aussi un peu de chaleur pendant la journée.

5 Retour sur les habitats du passé

5.1. Habitats troglodytes et habitation en terre crue et en argile

L'habitat troglodyte¹⁰ est un habitat creusé dans la roche,

au sein de cavernes. On en trouve des traces il y a plusieurs milliers d'années dans des régions au climat continental, c'est-à-dire des zones où les températures atteignaient des extrêmes : très chaudes en été et très froides en hiver.

Les habitants ont rapidement compris qu'il était préférable de vivre dans un tel habitat, où la température reste stable autour de 15 °C, plutôt que de subir des variations extrêmes comme -30 °C en hiver ou +40 °C en été. L'inertie¹¹ thermique de la montagne offre en effet une température plus agréable et stable, bien plus confortable que ces larges fluctuations. L'architecture moderne a su tirer parti de ces propriétés thermiques pour s'adapter au terrain, en construisant des maisons troglodytes modernes, enterrées plus ou moins complètement afin de bénéficier de l'inertie du sol. C'est dans cet esprit qu'ont vu le jour ces habitats.

On a évoqué précédemment l'utilisation du phénomène des transitions de phase pour gérer les variations thermiques. Cela pourrait sembler être une approche très sophistiquée, propre à des ingénieurs scientifiques ayant compris la capacité de certains matériaux à stocker la chaleur. Pourtant, de superbes exemples d'habitats exploitant ces changements de phase ont été présentés récemment : il

10. Habitation creusée directement dans la roche (grottes naturelles ou artificielles), souvent pour profiter de l'inertie thermique naturelle du sol.

11. Inertie thermique : capacité d'un matériau ou d'un bâtiment à stocker la chaleur (ou le froid) et à la restituer lentement, stabilisant la température intérieure malgré les variations extérieures.

s'agit de maisons en terre crue, en argile. Ces matériaux posent d'ailleurs des défis que les architectes du passé savaient déjà maîtriser. L'argile absorbe l'eau, tout comme les habitats construits avec ce matériau. Cette eau se condense sous forme de rosée¹². Ce sont tous ces états physico-chimiques différents qui sont traités comme des phases distinctes d'un même matériau.

Même dans les pays très chauds, la rosée existe, et l'eau se condense puis reste en quelque sorte prisonnière de l'argile hygroscopique¹³. Lorsque, le matin, la chaleur commence à monter, cette eau s'évapore, consommant ainsi de l'énergie et rafraîchissant l'intérieur de la maison. On peut de cette manière maintenir une certaine fraîcheur à l'intérieur de ces habitats en terre crue, au moins pendant une partie de la journée, même dans les régions où il fait extrêmement chaud.

5.2. Le confort à l'intérieur d'un igloo

On ne peut pas, en tant que lecteur de ce chapitre, s'intéresser au logement des gens et au confort de leur habitat sans s'intéresser à l'igloo. Ce logement traditionnel des Esquimaux, situé dans un environnement polaire, est dépourvu de chauffage et entièrement construit en neige

et en glace. C'est un paradoxe fascinant.

L'igloo est un habitat absolument remarquable. Imaginez : vous êtes au milieu de l'Arctique et vous devez construire un abri. Il n'y a pas de forêt, pas d'accès à la terre, à la roche ou aux cailloux. Les Esquimaux, ou Inuits, ont résolu ce problème en utilisant un matériau parfaitement biosourcé¹⁴, renouvelable et local : la neige. C'est avec elle qu'ils construisent les igloos.

Et cette neige, qu'est-ce que c'est ? C'est d'abord un matériau isolant : elle emprisonne de l'air, qui reste plus ou moins immobile car piégé dans ce matériau poreux qu'est la neige.

5.3. L'isolation thermique et la membrane naturelle de glace

Si l'on pose la question « Quelle est la température ressentie dans un igloo ? », on obtient très souvent des réponses comprises entre 10 et 14 °C. Pourtant, il ne peut pas faire 10 ou 14 °C dans un igloo, car à cette température, il fondrait... et pourtant, c'est bien ce qui est ressenti. On ne vit donc pas à l'intérieur de l'igloo dans les mêmes conditions qu'à l'extérieur, où les températures peuvent descendre à -30 ou -40 °C. La raison est simple : vous disposez d'un matériau isolant. Si vous parvenez à maintenir une température de l'ordre de 0°, vous êtes déjà

12. Rosée : eau qui se condense la nuit sur les surfaces froides quand l'air humide refroidit.

13. Propriété d'un matériau qui absorbe facilement l'humidité de l'air ambiant (ex. : argile dans les habitats en terre crue).

14. Biosourcé : matériau issu de la biomasse (origine végétale ou animale renouvelable), comme la neige pour l'igloo ou la laine de mouton en isolation moderne.

bien mieux qu'à l'extérieur, et c'est grâce à l'isolation de ce matériau qu'est la neige poreuse. Encore faut-il avoir une source de chaleur, et j'y reviendrai.

Autre point important : je vous ai dit qu'il fallait de l'air immobile. Or, à l'intérieur de l'igloo, l'air est effectivement immobile dans la neige. Cependant, s'il y a beaucoup de vent, celui-ci exerce une pression sur cet air, qui peut traverser le milieu poreux, car les pores sont connectés, et être déplacé par le vent.

Pourtant, les habitants ne disposaient pas de membranes.

Mais naturellement, voici ce qui se passe : les personnes qui vivent dans l'igloo dégagent une certaine chaleur, et cette chaleur fait fondre un peu de la neige à l'intérieur. L'eau de fonte se retransforme ensuite en glace, formant une fine pellicule qui agit comme une membrane, empêchant le vent extérieur de déplacer l'air contenu dans la neige. Il existe donc un système automatique et naturel de création de cette membrane, qui empêche l'air d'être déplacé.

Et ce mécanisme repose sur une source d'énergie : votre propre rayonnement infrarouge en est le moteur.

Conclusion

Pour les scientifiques, ingénieurs et architectes, aborder la question de l'habitation révèle une véritable surprise. On aurait pu croire évoluer dans un domaine maîtrisé, voire banal – « c'est essentiel, mais nous savons tout faire ! ».

Pourtant, ce chapitre nous a offert une révolution : non, nous ne sommes pas en terrain connu. La démographie galopante, le changement climatique et les enjeux géopolitiques des ressources transforment radicalement les données du problème. Plus que jamais, nous sommes appelés – voire contraints – à innover, à créer.

Heureusement, nous disposons aujourd'hui d'un réservoir inépuisable de connaissances : les avancées matérielles et technologiques accumulées ces dernières décennies.

Alors, pour conclure : observez les maisons qui nous émerveillent et nous inspirent. Elles ne sont que les prémices d'une centaine de merveilles que les décennies à venir vont édifier pour nous.