



## Un bâti en tuffeau pour aujourd'hui

### Isolation écologique d'une longère du XIX<sup>e</sup> siècle

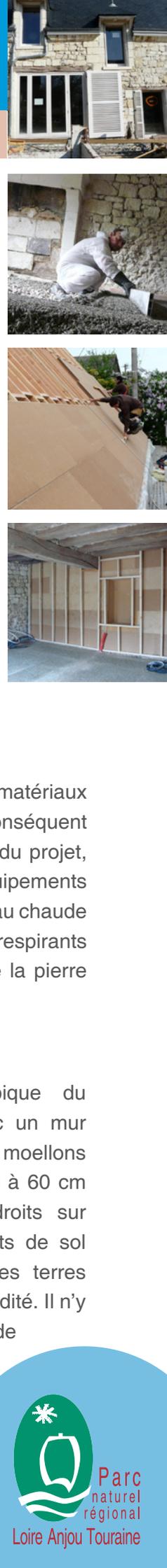
Localisation : 37140 Bourgueil

Surface habitable : 239 m<sup>2</sup>

Nombre d'occupants : 2 occupants

Maîtrise d'œuvre : Atelier d'architecture Bernard FEBVRE

Année de construction : fin XVIII<sup>e</sup> - début XIX<sup>e</sup> siècle



#### ■ Le projet

Jusqu'en 2003, la ferme était habitée par les grands-parents des propriétaires. Puis, en l'absence d'occupation permanente, la longère s'est dégradée. Les maîtres d'ouvrage ont alors souhaité réhabiliter entièrement le bâtiment avant qu'il ne soit trop tard. Un projet global et environnemental a été réalisé grâce aux taux d'emprunt favorables qui existaient à cette

période et à la volonté d'utiliser des matériaux écologiques. L'investissement a été conséquent et s'explique par la surface importante du projet, le recours à des techniques et à des équipements très performants pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire. L'emploi de matériaux sains, respirants permet aussi d'éviter la dégradation de la pierre sous l'effet de l'humidité.

#### ■ Le contexte

Le bâtiment est une longère typique du Bourgueillois, orientée plein Sud avec un mur aveugle au Nord. Les murs sont en moellons montés à la terre et atteignent ainsi 50 à 60 cm d'épaisseur. Le ciment à divers endroits sur les murs en tuffeau et les revêtements de sol imperméables posés sur les anciennes terres cuites ont favorisé les remontées d'humidité. Il n'y avait qu'un poêle à fuel dans une pièce de vie. Les menuiseries et la couverture devaient aussi être remplacées.



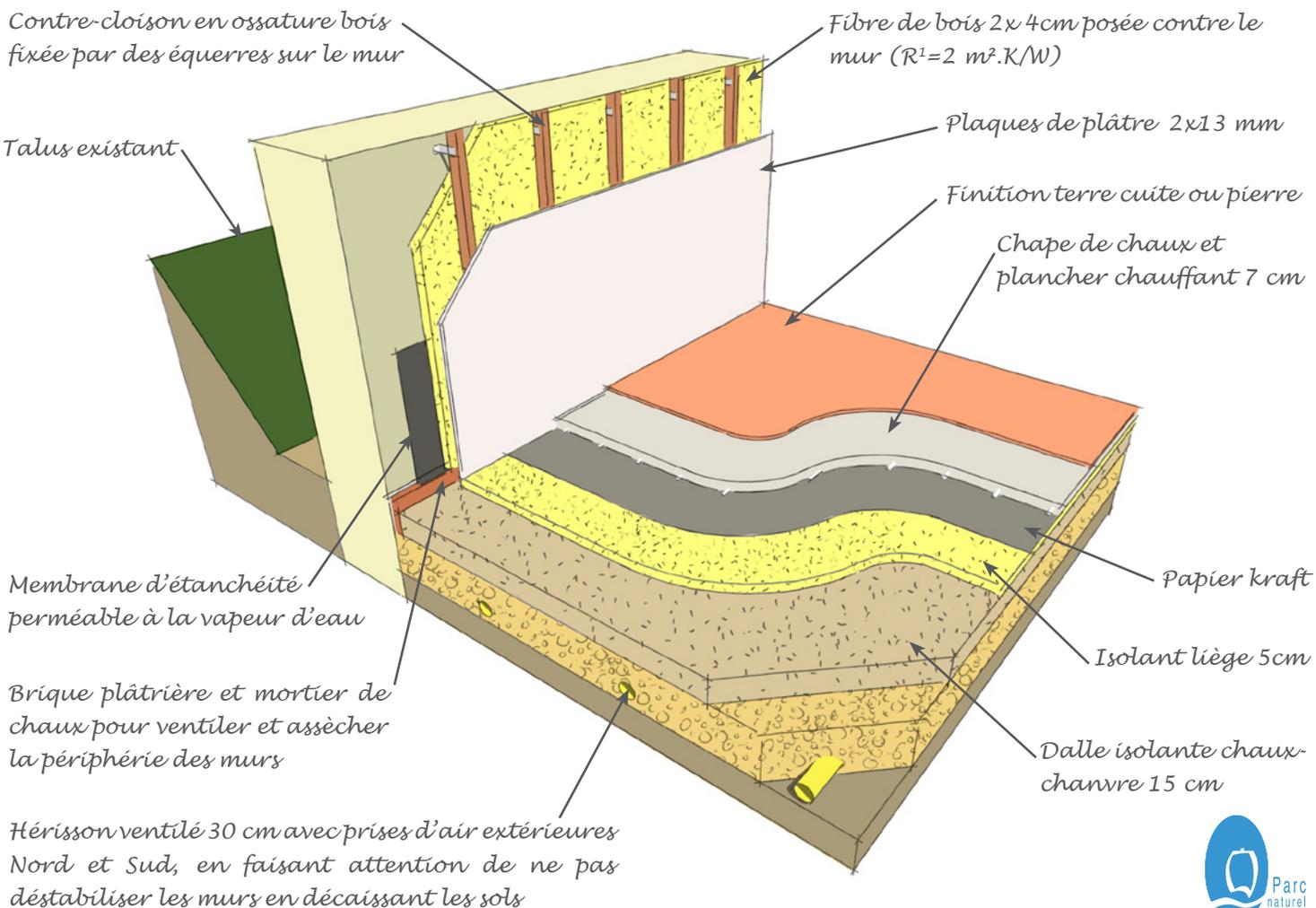
## ■ Les travaux réalisés

- Traitement des pathologies : suppression du ciment et des revêtements étanches, pose d'un hériçon ventilé pour évacuer l'humidité du sol.
- Sol : dalle chaux chanvre, plancher chauffant et pose de terres cuites ou pierres naturelles en finition.
- Maçonnerie : rejointoiement des murs à la chaux NHL 2. Seul le mur Nord a été isolé par de la fibre de bois. Fondation en béton cyclopéen sous les murs intérieurs en brique monomur.
- Toiture: remplacement de la couverture en ardoise et isolation de la toiture par l'extérieur (sarking) à partir de ouate de cellulose et de fibre de bois.
- Equipements: recours à la géothermie verticale sur nappe phréatique (aquathermie), ballon d'eau chaude avec récupération de chaleur sur air extrait et électricité bio-compatible en câbles blindés.

### Zoom sur... L'isolation du sol et du mur Nord

Au rez-de-chaussée, les propriétaires ont réalisé un plancher chauffant alimenté par une pompe à chaleur en aquathermie. Au-dessus du hériçon de cailloux ventilé, le choix s'est porté sur des matériaux naturels à faible impact environnemental tout en conservant des performances thermiques intéressantes (Résistance thermique<sup>1</sup> totale de 2,9 m<sup>2</sup>.K/W).

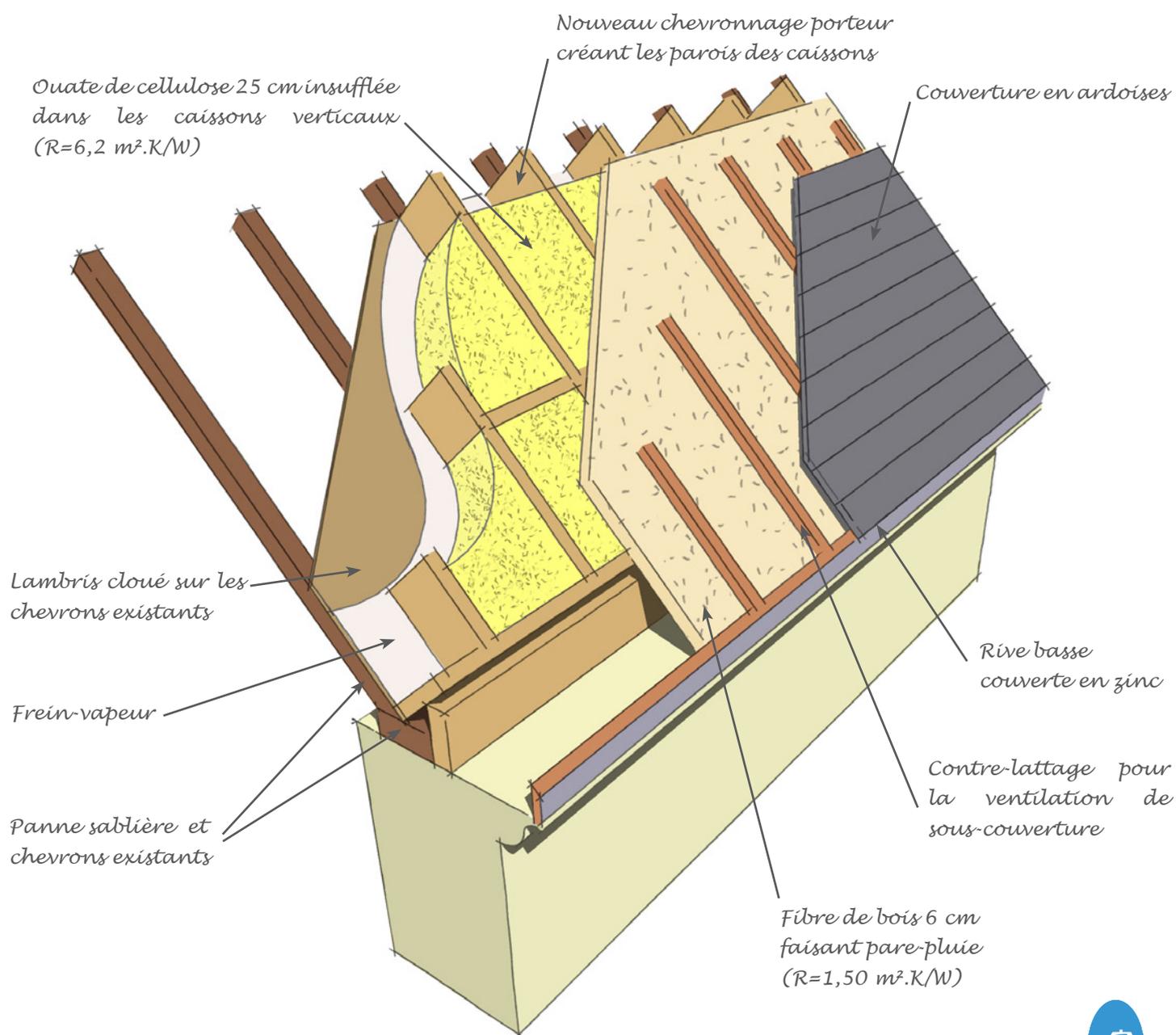
Le mur Nord, le plus froid et le plus exposé aux bruits de la route, est isolé thermiquement et phoniquement par deux couches de fibres de bois. Une zone technique au niveau de l'ossature bois permet le passage des réseaux sans traverser l'isolant. À cause du talus et du fossé existants en dehors de la propriété, le ruissellement de l'eau de pluie est difficilement maîtrisable. Une membrane pare-pluie a été posée sur une hauteur d'un mètre pour éviter le contact de la fibre de bois avec le mur quand il est humide.



## Zoom sur... L'isolation des rampants: le sarking

Les ardoises étant entièrement remplacées, le sarking ou isolation de la toiture par l'extérieur a permis de valoriser l'intégralité des fermes de charpentes dans le volume intérieur. Cette technique associe de très bonnes performances thermiques été comme hiver (Résistance thermique totale de  $7,7 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ ), une efficace étanchéité à l'air et un volume habitable entièrement conservée.

Mais les travaux sont lourds. Ils nécessitent des conditions météorologiques favorables et une bonne coordination entre les entreprises. Très abimés, les rondelis des murs pignons ont été remplacés et rehaussés pour conserver la qualité architecturale de la longère. Le long de la corniche, une rive en zinc permet de récupérer la différence de hauteur.



## ■ Maîtrise de l'énergie / énergies renouvelables

- Les besoins en chauffage sont couverts par une pompe à chaleur en aquathermie (géothermie sur nappe phréatique) de 21 kW avec un COP maximal de 5. Le rez-de-chaussée bénéficie d'un plancher chauffant basse température. À l'étage, des radiateurs fonctionnant avec la PAC sont installés.
- Le bâtiment est également doté d'un ballon d'eau chaude sanitaire thermodynamique. Il est couplé avec une ventilation hygro B. Le renouvellement d'air est assuré mécaniquement en fonction du taux d'humidité et les calories de l'air extrait du logement sont récupérées pour chauffer l'eau du ballon.
- Pour optimiser la lumière naturelle dans le volume intérieur, les fenêtres de toits, les lucarnes et les grandes menuiseries en façade sont sans petits bois. Les ouvertures bénéficient de volets persiennés en façade Sud pour préserver de la chaleur le volume intérieur tout en laissant passer la lumière.



## ■ Budget

### Dépenses (TTC)

- Conception et maîtrise d'œuvre: 15 825 €
- Isolation : 69 000 €
- Maçonnerie : 168 000 €
- Couverture : 67 000 €
- Menuiserie : 45 000 €
- VMC - Eau chaude sanitaire : 5 900 €
- Electricité : 22 900 €
- Géothermie - Chauffage : 31 200 €
- Forage : 4 800 €
- Plomberie : 8 600 €
- Terrassement - Assainissement : 13 700 €

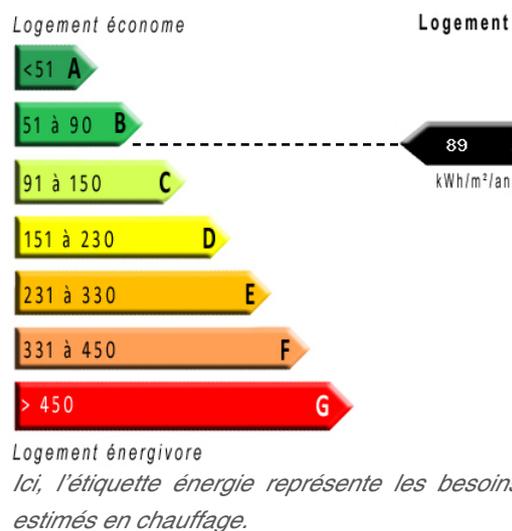
Le coût de cette réhabilitation aux prestations exceptionnelles est toutefois de 1 880 €/m<sup>2</sup> en surface habitable.



## ■ Retour d'expérience

Les techniques employées sont innovantes, chaque étape a été réalisée avec précaution et sans précipitation. Travaillant en étroite collaboration avec l'architecte, les propriétaires ont choisi les artisans pour leur connaissance du bâti ancien, leur approche écologique ou leur capacité d'adaptation pour éviter les produits polluants. En évitant les matériaux étanches à la vapeur d'eau, la maison est ainsi totalement «respirante».

Bien que le bâtiment paraisse peu énergivore (selon le calcul des déperditions), beaucoup de murs n'ont pas été isolés pour conserver l'inertie et valoriser la présence de la pierre à l'intérieur des volumes. Un relevé de consommations après quelques années d'occupation permanente permettra de connaître la performance thermique globale du bâtiment, sans négliger la sensation de confort.



## ■ Maîtrise d'œuvre, artisans

- Architecte : Atelier d'architecture Bernard FEBVRE, 49400 Saumur
- Maçonnerie - Pierre : GOUAS Francis restauration, 37130 Langeais
- Couverture : MOISY Stéphane, 37140 Bourgueil
- Isolation : ABITABIO, 49150 Baugé
- Menuiserie : PELLETIER Patrice, 37190 Saché
- Plomberie : LIHOREAU Marcel, 37140 Bourgueil
- Aquathermie : Geothermie system, 49070 Beaucouzé
- Forage : VAN INGEN Henri, 37290 Tournon Saint Pierre
- Terrassement : BESNARD Didier, 37140 Restigné
- Electricité - VMC : PIONNIER Domotique, 37420 Beaumont en Véron

Résistance thermique  $R'$  : c'est la résistance qu'oppose un matériau au passage de la chaleur.  
Plus la résistance est grande, plus le matériau est isolant.



### Un bâti en tuffeau pour aujourd'hui

#### Réhabilitation d'une ancienne grange du XVIII<sup>ème</sup> siècle

Localisation : 49260 Bron, Le Coudray Macouard  
 Surface habitable : 150 m<sup>2</sup>  
 Nombre d'occupants : famille de 4 personnes  
 Maîtrise d'œuvre : Thierry BOIREAU  
 Année de construction : fin du XVIII<sup>e</sup> siècle



#### ■ Le projet

Les travaux ont commencé en 2006 et ont duré 4 ans. Les propriétaires ont choisi de faire une complète relecture de la façade.

Une partie du mur sud était en pierre de taille. Il a été démonté et remonté, à la terre, en moellons de tuffeau. La création de nouvelles ouvertures permet de profiter des apports solaires en hiver.

A l'Ouest, le bâtiment a été agrandi avec un

appentis en pans de bois rempli par un mélange de chaux-chanvre.

Pour l'isolation, les propriétaires ont fait le choix d'utiliser des matériaux naturels pour bénéficier d'un « habitat sain et écologique ».

#### ■ Le contexte

Le bâtiment est une ancienne grange datant de la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle. Il est orienté plein Sud. Au Nord, il bénéficie d'une extension faisant espace tampon.

Les murs sont en blocage de moellons maçonnés à la terre et atteignent ainsi environ 55 cm d'épaisseur. Seul le mur Est, en pierre de taille mesure 22 cm d'épaisseur.

Avant le début des travaux, le bâtiment était équipé d'un insert et de radiateurs d'appoint pour le chauffage.



## ■ Les travaux réalisés

- Traitement des pathologies : pour limiter les remontées capillaires en bas de mur, un drain est installé tout autour de la maison à 30 ou 40 cm de profondeur.
- Maçonnerie : les murs ont été rejointoyés. Le rejointoiment a pour but d'assurer la pérennité de l'édifice en évitant les infiltrations d'eau. Un enduit isolant en chaux-chaivre de 12 cm est appliqué en 2 passes puis un enduit à la chaux est ajouté pour la finition.
- Réaménagements intérieurs : isolation des planchers, des murs et de la toiture.



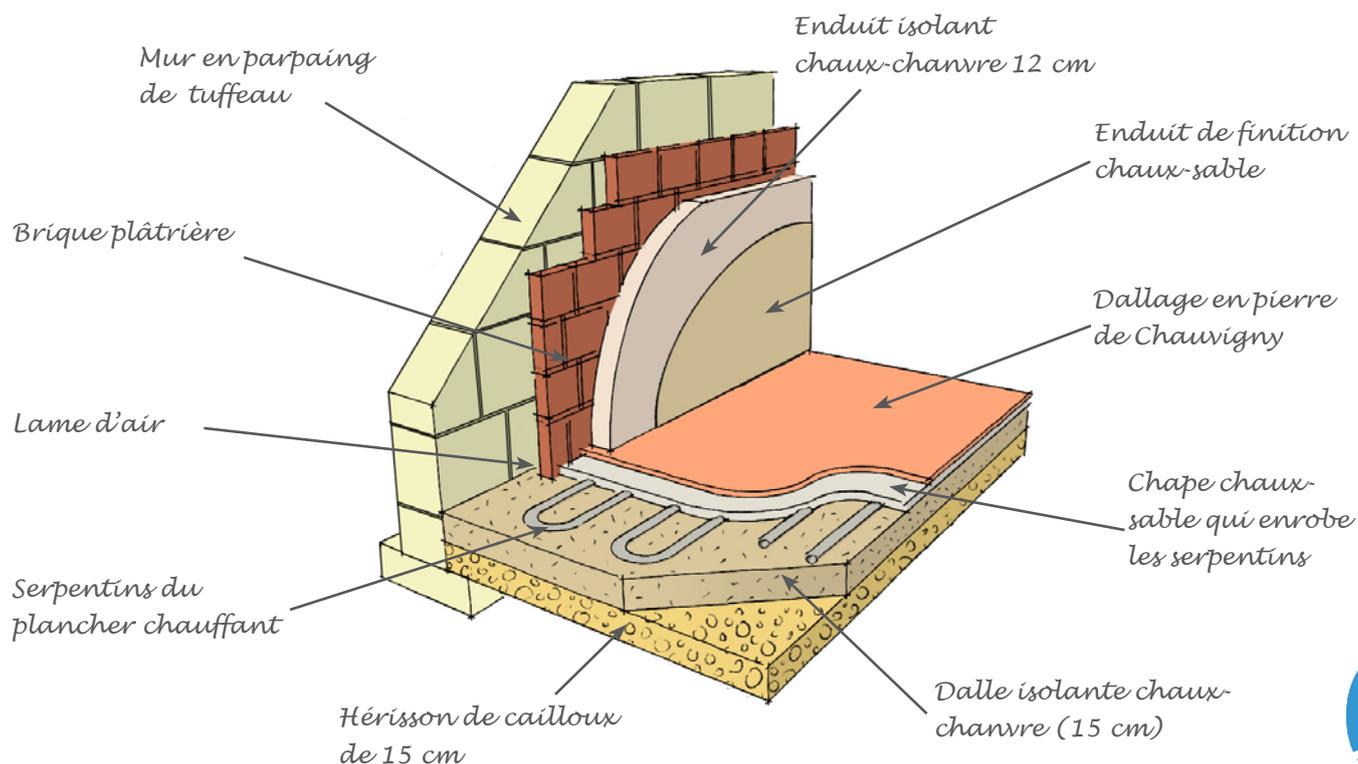
### Zoom sur... Le doublage du mur Est en brique plâtrière

Le mur Est, en parpaing de tuffeau de 22 cm d'épaisseur, a été isolé. Une cloison en brique plâtrière, enduite avec 12 cm de chaux-chaivre, est montée à 2 ou 3 cm du mur afin de laisser une lame d'air. Un enduit chaux-sable est appliqué pour la finition.

L'enduit isolant chaux-chaivre apporte une correction thermique et présente de bonnes propriétés de transfert de la vapeur d'eau. Cela lui permet de concilier la fraîcheur d'été du bâtiment ancien avec une meilleure performance thermique d'hiver.

Au rez-de-chaussée les propriétaires ont également fait le choix d'installer un plancher chauffant alimenté par une pompe à chaleur aérothermique.

Sur un hérisson de cailloux, une dalle isolante est réalisée avec 15 cm de béton de chaux-chaivre. Les serpentins d'eau chaude sont fixés sur la dalle puis une chape chaux-sable sert de support au dallage en pierre de Chauvigny.



## Zoom sur... L'isolation de la toiture et des combles

La charpente était à reprendre complètement, les propriétaires ont porté leur choix sur des pannes traversantes en lamellé-collé et ont décidé d'isoler la toiture en béton de chaux et de chanvre avant de poser la couverture. L'isolant a donc pu être mis en œuvre par l'extérieur entre chevrons avec un coffrage en OSB.

Le comble perdu du 1<sup>er</sup> étage est isolé avec 25 cm de laine de chanvre en vrac afin d'assurer un bon confort d'été. L'isolant est insufflé grâce à une machine à projeter qui permet d'aérer la laine de chanvre.

On constate que le béton de chaux-chanvre présente des propriétés d'inertie, de perméance (régulation de la vapeur d'eau) et d'isolation thermique qui permettent d'assurer un bon confort d'hiver et d'été.

Les mélanges chaux-chanvre sont dosés différemment selon leur emplacement dans le bâti (voir tableau).



Laine de chanvre en vrac  
sur 25 cm d'épaisseur  
( $R^i=6\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ )

Poutres du plafond

Isolation en béton de chaux et  
de chanvre de 30 cm d'épaisseur  
( $R=5\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ )

Chevrons de charpente

Fermacell® pour la  
 finition intérieure

Plaque d'OSB servant de coffrage  
au béton de chaux-chanvre

Tasseaux de bois permettant  
de fixer le fermacell® (plaque  
de gypse et cellulose)

Pannes traversantes

### Dosage du chanvre (Source : Construire en chanvre, Règles professionnelles)

Emplacement du chanvre	Densité sèche (kg/m <sup>3</sup> )	Conductivité thermique <sup>2</sup> (W/m/K)	Dosage pour 1m <sup>3</sup>
Dalle	500	0,10	100 kg de chanvre
			275 kg de liant
			500 L d'eau
Mur	420	0,10	100 kg de chanvre
			220 kg de liant
			350 L d'eau
Toiture	250	0,06	100 kg de chanvre
			100 kg de liant
			200 L d'eau

Selon leur place dans le bâti, les mélanges chaux-chanvre sont dosés différemment et présentent des propriétés thermiques différentes : en dalle, le mélange est plus dosé en chaux afin de favoriser la résistance mécanique. En comble, il est plus dosé en chanvre pour avoir une meilleure résistance thermique.

## ■ Maîtrise de l'énergie / énergies renouvelables

- Une pompe à chaleur aérothermique de 8 kW avec un COP de 3,8 (batterie de 6 kW) permet de chauffer les 90 m<sup>2</sup> du rez-de-chaussée. A l'étage des radiateurs électriques sont installés.
- Le bâtiment est également équipé de panneaux solaires thermiques qui permettent d'assurer environ 60% des besoins en eau chaude sanitaire.



## ■ Budget

### Dépenses (TTC)

- Isolation : 6 500 €
- Menuiserie (dont fenêtres et escalier) : 16 000 €
- Ventilation : 1 700 €
- Chauffage, ECS : 23 000 € (plancher chauffant, pompe à chaleur et panneaux solaires thermiques)

### Aides financières

- 7 000 € de crédit d'impôt

Une grande partie des travaux a été réalisée par les propriétaires ce qui a permis de réduire les coûts. En effet M.BOIREAU est artisan dans le domaine de la réhabilitation de bâtiments anciens.

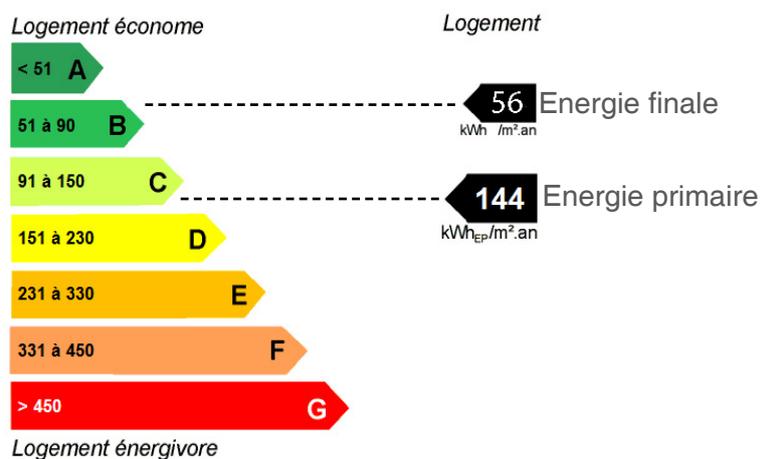
## ■ Retour d'expérience



Les travaux se sont achevés en 2010. De faibles remontées capillaires sont constatées dans le tuffeau au niveau du sol malgré le drain qui court tout autour de la maison. Il est souvent préférable d'utiliser des pierres plus dures que le tuffeau pour les parties des murs soumises aux intempéries. Cela a été fait, ici, pour les seuils et les appuis qui sont en pierre de Hains et de Migné.

Après une première année d'occupation, le bilan de la rénovation est très positif. Les consommations énergétiques constatées (chauffage et eau chaude) s'élèvent à environ 56 kWh/m<sup>2</sup>/an (énergie finale<sup>3</sup>) soit 144 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>/an (énergie primaire<sup>4</sup>). Les propriétaires n'ont pas eu de difficulté à chauffer leur maison en hiver. En saison chaude, aucune surchauffe n'a été ressentie, il fait toujours très frais.

A noter que les consommations énergétiques sont toujours plus élevées la première année après une rénovation car il faut du temps pour évacuer l'humidité contenue dans les murs.



*Ici, l'étiquette énergie représente les consommations en chauffage et en eau chaude sanitaire.*

N.B : La consommation énergétique est exprimée en énergie primaire qui tient compte des pertes lors de la transformation de l'énergie. Pour le bois ou le solaire, les pertes sont presque nulles. Pour l'électricité du réseau, en revanche, on estime que pour 1 kWh (énergie finale) consommé par le logement, on a utilisé 2,58 kWh d'énergie primaire (uranium, gaz, charbon).

## ■ Maîtrise d'œuvre, artisans

- Menuiserie : Ent CHOUTEAU, Montreuil-Bellay
- Taille de pierre : Thierry BOIREAU, Bron (Travaux de la pierre, restauration, eco-construction)
- Charpentier : Charpente thouarsaise, M MENANTEAU, Thouars
- Couvreur : Ent POTIER, Montreuil Bellay
- Plaquiste : Jérôme REXAND, Antoigné
- Electricité : Agelec, Doué-la-Fontaine
- Plomberie : AJC BAT, A.MOREAU, Le Vaudelnay

<sup>1</sup>Résistance thermique  $R$  : c'est la résistance qu'oppose un matériau au passage de la chaleur.  
Plus la résistance est grande, plus le matériau est isolant.

<sup>2</sup>Conductivité thermique : c'est la propriété qu'ont les matériaux à transmettre la chaleur.  
Plus cette valeur est petite, plus le matériau est isolant.

<sup>3</sup>Energie finale : c'est l'énergie consommée par le logement.

<sup>4</sup>Energie primaire : c'est l'énergie disponible dans la nature avant transformation.





## Un bâti en tuffeau pour aujourd'hui

### Isolation écologique d'une maison de maître du XIX<sup>e</sup> siècle

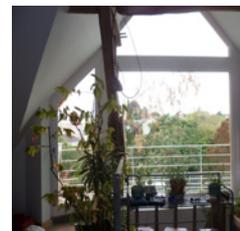
Localisation : 49350 Gennes

Surface habitable : 233 m<sup>2</sup>

Nombre d'occupants : 5 occupants

Maîtrise d'œuvre : Atelier d'architecture Jacquot-Mougin-Leray

Année de construction : 1835



### ■ Le projet

L'idée initiale portait sur la réfection de la toiture et le changement de la chaudière. Les propriétaires souhaitaient intégrer les enjeux environnementaux dans leur projet tout en respectant l'identité du bâti qui est situé en zone protégée. Ils se sont d'abord tournés vers l'installation d'une grosse chaudière à bois. Mais leur rencontre avec l'architecte Jean-Pierre

JACQUOT leur a permis de revoir leurs priorités. Ils ont ainsi commencé par l'isolation pour s'intéresser ensuite à leurs besoins en chauffage. Les matériaux choisis sont écologiques tant pour des raisons environnementales, sanitaires que pour préserver le tuffeau. Ils sont respirants et permettent ainsi d'éviter la dégradation de la pierre sous l'effet de l'humidité.

### ■ Le contexte

La maison est orientée Sud/Sud-ouest. Si les alèges sont en pierre de taille, les murs sont en moellons tout venant de 50 cm d'épaisseur. Avant le début des travaux, la maison souffrait de quelques problèmes d'humidité dus à l'application d'une toile hermétique sur certains murs. L'eau contenue dans la pierre peut réduire les qualités mécaniques du tuffeau et générer des moisissures susceptibles d'affecter la santé des habitants.



## ■ Les travaux réalisés

- Traitement des pathologies : le retrait de la fibre de verre et la réalisation d'une isolation respirante, à l'issue d'un temps de séchage des pierres mises à nu, ont permis de venir à bout des quelques moisissures qui étaient apparues sur certains murs.
- Maçonnerie : création au Sud d'un balcon et d'une grande baie vitrée, réfection de la toiture.
- Remplacement d'une partie des huisseries par un double vitrage de type 4/16/4.
- Aménagements intérieurs : isolation des sols, murs et plafonds, réagencement des pièces.

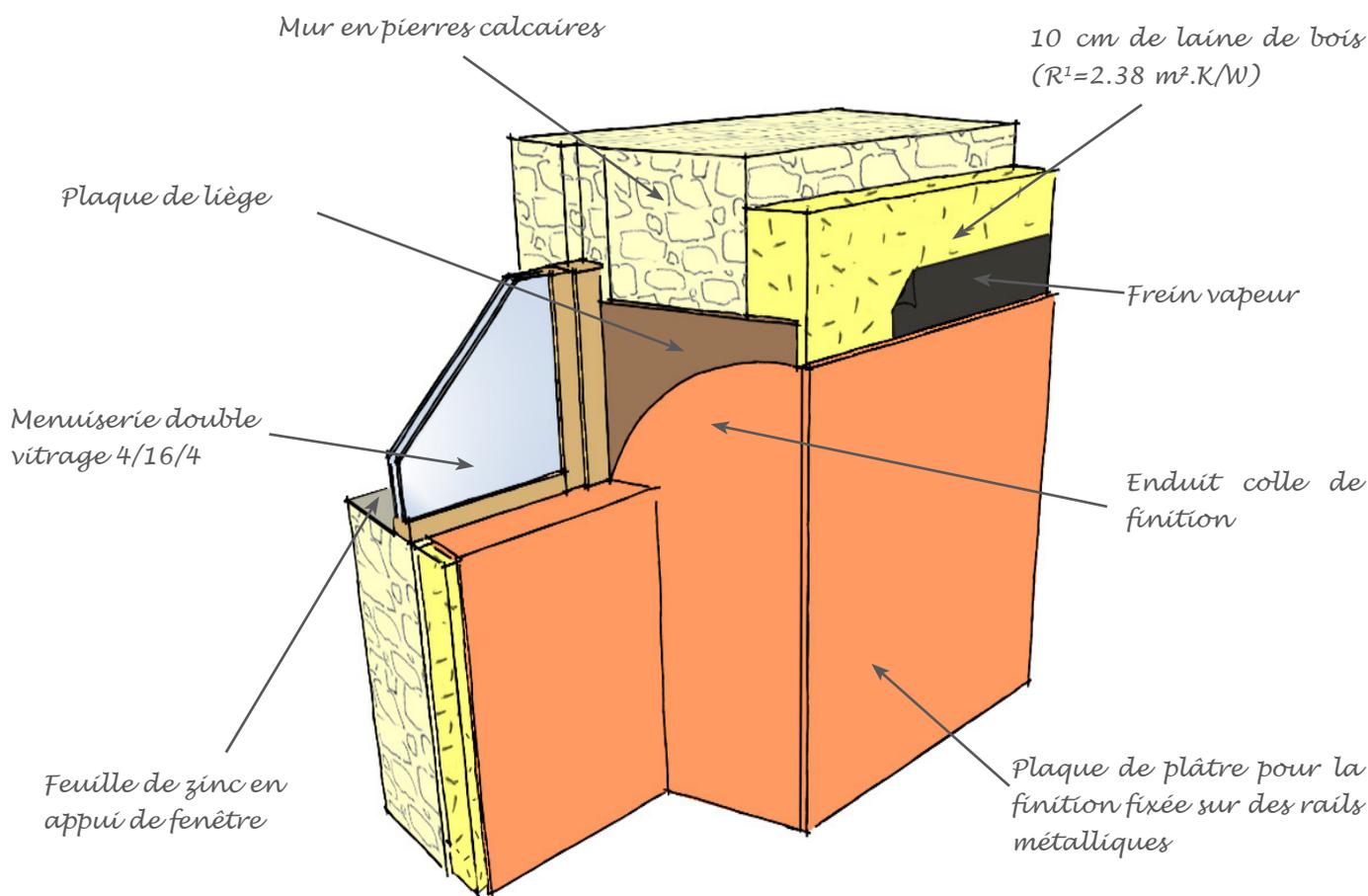


### Zoom sur... L'isolation des murs

Les murs sont isolés avec 10 cm de laine de bois posés directement sur le tuffeau. Les isolants bois sont de bons régulateurs hygroscopiques (ils absorbent le surplus d'humidité).

Un frein vapeur permet également de réguler les transferts d'humidité dans les parois. La finition est assurée par une plaque de plâtre fixée sur des rails métalliques.

Les ébrasements sont isolés par un panneau de liège de quelques centimètres, permettant de limiter les ponts thermiques au niveau de la menuiserie.



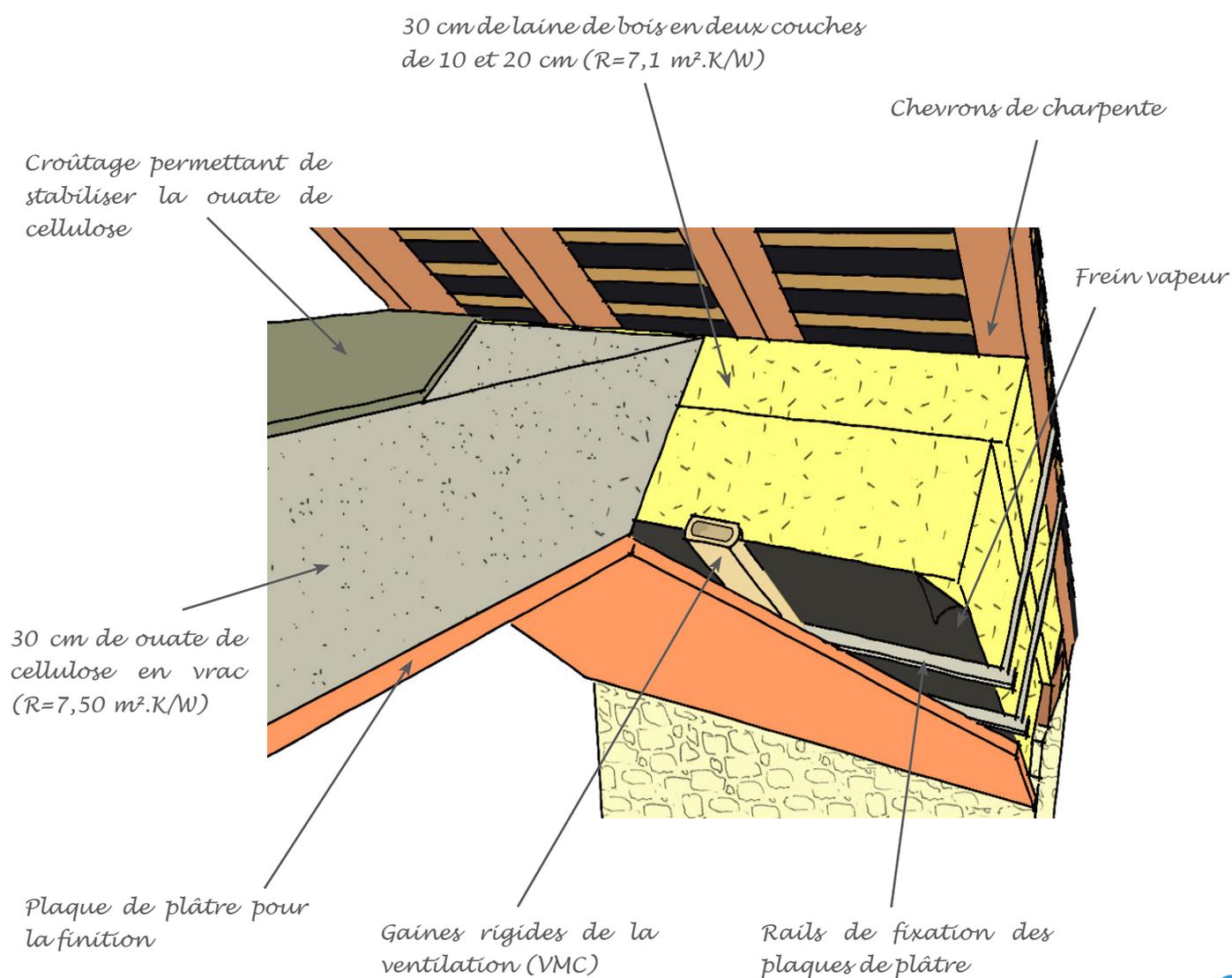
## Zoom sur... L'isolation des rampants et des combles

Les rampants sont isolés avec 30 cm de laine de bois posés en deux couches. La laine de bois présente un déphasage (temps de transmission de la chaleur) de 8 à 12h ce qui permet d'assurer un bon confort d'été. Entre les chevrons, une lame d'air permet de limiter les surchauffes sous les ardoises.

Les poutres et la charpente ont été traitées au sel de bore pour éviter leur dégradation lorsqu'elles sont enfermées dans un caisson.

Les gaines de la ventilation passent entre la laine de bois et la plaque de plâtre. Elles restent ainsi dans le volume chauffé, ce qui limite les déperditions de chaleur.

En comble, 30 cm de ouate de cellulose projetés en vrac assurent l'isolation. Un mélange d'eau et de latex pulvérisé (croûtage) permet de stabiliser la ouate dans les combles ventilés naturellement.



## ■ Maîtrise de l'énergie / énergies renouvelables

- Les besoins en chauffage sont couverts par un poêle à bois bûche de 16 kW garanti avec un rendement de 78%. La chaudière au fioul, présente avant le début des travaux, est conservée. Elle alimente une dépendance et permet, en cas d'absence prolongée l'hiver, de maintenir la maison hors-gel. Un appoint de chauffage est installé dans la salle de bain avec 2 sèche-serviettes soit 2 kW au total.
- La production d'eau chaude est assurée par 6 m<sup>2</sup> de capteurs solaires thermiques connectés à un ballon d'eau chaude solaire de 300 L avec un appoint électrique.
- Une VMC (Ventilation Mécanique Contrôlée) double flux permet un rafraîchissement de l'air entrant en été et la récupération de la chaleur de l'air sortant en hiver.



## ■ Budget

### Dépenses (TTC)

- Conception et maîtrise d'œuvre: 16 200 €
- Pavillon au Sud : 19 490 €
- Traitement de charpente au sel de bore : 4 151 €
- Couverture : 20 868 €
- Isolation : 32 138 €
- Menuiserie : 30 110 €
- Ventilation : 3 551 €
- Chauffage : 3 504 €
- Eau chaude sanitaire : 4 366 €
- Electricité : 3 719 €

### Aides financières

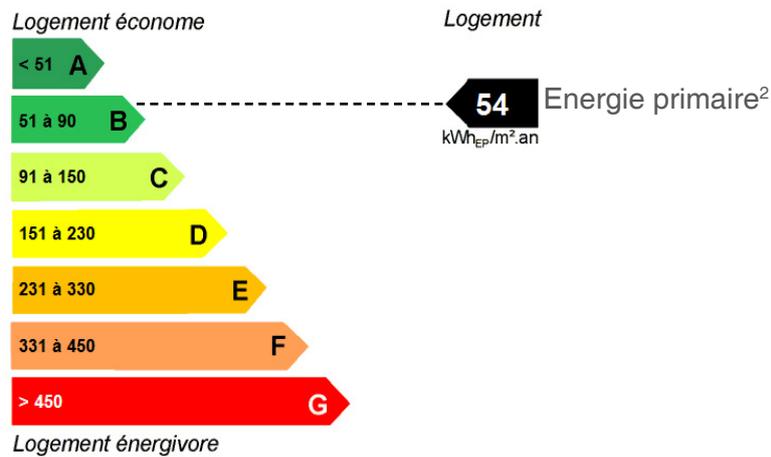
- Pays «Loire en Layon» : 3 200 €
- Crédit d'impôt : 2 000 €
- Eco-prêt à taux zéro : 30 000 €

Le coût de cette réhabilitation est d'environ 600 €/m<sup>2</sup> de surface habitable.

## ■ Retour d'expérience

Le bâtiment était initialement équipé d'une chaudière au fioul de 42 kW avec une consommation de 250 kWh/m<sup>2</sup>/an et un budget annuel de 2500 € pour le chauffage. Grâce aux travaux d'isolation, les besoins en chauffage sont désormais assurés par un simple poêle et 3,5 cordes de bois suffisent pour chauffer la maison tout l'hiver (environ 12 m<sup>3</sup>). La simulation thermique dynamique réalisée avant le début des travaux estime les consommations à 54 kWh/m<sup>2</sup>/an.

Quelques infiltrations autour d'une baie vitrée sont apparues, mais le bilan de cette rénovation est très positif. L'investissement a été plus important que prévu mais les besoins en chauffage sont fortement réduits et les propriétaires bénéficient d'un bon confort thermique tout au long de l'année.



*Ici, l'étiquette énergie représente les consommations en chauffage et en eau chaude sanitaire.*

N.B : La consommation énergétique est exprimée en énergie primaire qui tient compte des pertes lors de la transformation de l'énergie. Pour le bois ou le solaire, les pertes sont presque nulles. Pour l'électricité du réseau, en revanche, on estime que pour 1 kWh (énergie finale<sup>3</sup>) consommé par le logement, on a utilisé 2,58 kWh d'énergie primaire (uranium, gaz, charbon).

## ■ Maîtrise d'œuvre, artisans

- Architecte : Atelier d'architecture Jacquot-Mougin-Leray, 49380 Thouarcé
- Maçonnerie : GODEFROY Philippe, 49120 Cossé d'Anjou
- Charpente : Charpente Thouarsaise, 79104 Thouars
- Traitement du bois : Anjou-bois traitement, 49130 Les Ponts de Cé
- Couverture : FAUCHEUX Jean-Louis, 49700 Doué-la-Fontaine
- Menuiserie : CAILLEAUD SARL, 49400 Bagneux
- Plâtrerie : TESSIER Frères, 49125 Tiercé
- Plomberie, Chauffage : CHALIER Yvon, 49320 Saint-Jean-des-Mauvrets
- Electricité : DUARTÉ Sylvio, 49120 Chemillé

<sup>1</sup>Résistance thermique  $R$  : c'est la résistance qu'oppose un matériau au passage de la chaleur.  
Plus la résistance est grande, plus le matériau est isolant.

<sup>2</sup>Energie primaire : c'est l'énergie disponible dans la nature avant transformation.

<sup>3</sup>Energie finale : c'est l'énergie consommée par le logement.





## Un bâti en tuffeau pour aujourd'hui

### Réhabilitation d'une ancienne grange en gîte touristique

Localisation : Gîte du Pic Epeiche 37500 Lerné

Surface habitable : 250 m<sup>2</sup> (SHON)

Nombre d'occupants : 17 personnes en période de vacances et les week-ends.

Maîtrise d'œuvre : Isabelle et Jean-François ARCHAIMBAULT

Année de construction : 1909



#### ■ Le projet

Les propriétaires ont acquis cette ancienne ferme en 1996 avec l'intention d'y créer un éco-gîte d'étape et de séjour. Le bâtiment était séparé en trois espaces : une écurie, une étable et une zone de stockage agricole.

L'ensemble des travaux a été pensé dans le cadre d'une démarche de haute qualité environnementale (HQE®) avec l'objectif de

réhabiliter le bâti en conservant son identité et en préservant les matériaux d'origine. Une attention toute particulière a été portée à la gestion de l'énergie, de l'eau, des déchets et à l'utilisation de matériaux écologiques tant pour des raisons environnementales que pour protéger le tuffeau.

#### ■ Le contexte

Le bâtiment est orienté plein Ouest et est protégé des vents dominants par une forêt. Ses murs sont en double parement de tuffeau, avec des pierres de 10 à 15 cm d'épaisseur et un remplissage à la terre. Avant le début des travaux, les murs étaient recouverts de salpêtre. On retrouve des boutisses (pierre assurant le lien entre les deux parements de tuffeau) qui n'ont pas été taillées, c'est à dire qu'elles sont apparentes à l'intérieur du bâtiment. Les murs atteignent ainsi environ 50 cm d'épaisseur.

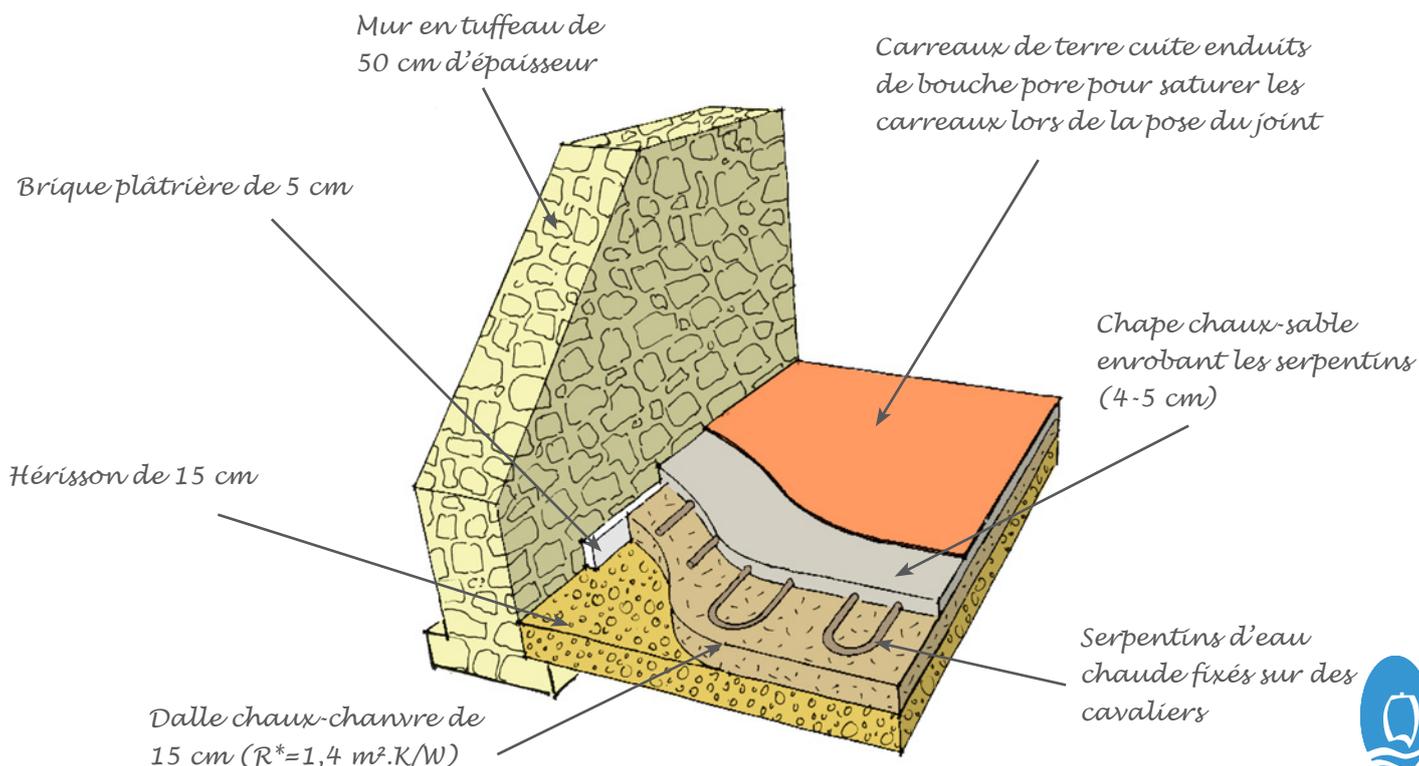


## ■ Les travaux réalisés

- Traitement des pathologies : la dalle béton de l'écurie a été supprimée, la charpente d'origine a été traitée au sel de bore et les pierres trop détériorées ont été remplacées.
- Maçonnerie : l'ensemble des murs (intérieur et extérieur) est rejointoyé à l'exception de la paroi extérieure du mur Nord qui est mitoyen. Le rejointoiement a pour but d'assurer la pérennité du mur en évitant les infiltrations d'eau et en empêchant les petits rongeurs de creuser des galeries.
- Des menuiseries double vitrage (4-12-4) avec lame d'argon sont installées. L'argon est un gaz inerte qui permet d'améliorer les performances thermiques du vitrage.
- Réaménagements intérieurs : isolation des planchers et des murs Nord et Est avec des matériaux écologiques (chanvre, chanvre/lin, chanvre/coton), installation d'un plancher chauffant au rez-de-chaussée et d'un mur chauffant au premier étage.

### Zoom sur... La réalisation d'une chape chaux-chanvre

Pour le plancher chauffant du rez-de-chaussée (voir schéma), les propriétaires ont souhaité réaliser une dalle chaux-chanvre qui permet de concilier l'isolation thermique par le sol et la régulation de l'hygrométrie. La dalle chaux-chanvre est réalisée sur un hérisson de pierre. Après un temps de séchage de 3 à 4 mois, un lait de chaux est appliqué pour l'assainissement du sol. Les serpentins pour le plancher chauffant ensuite recouverts par un mélange chaux-sable de 4 à 5 cm. La chape est finalement recouverte de carreaux de terre cuite. De plus, une rangée de briques plâtrières est disposée en périphérie des murs afin d'assurer le coffrage de la dalle et de favoriser l'assèchement des murs.



Les propriétaires ont rencontré des difficultés pour trouver des artisans ayant déjà travaillé avec les matériaux qu'ils souhaitaient utiliser. Leur maçon, M.Eric BARRAULT, a donc été formé à la technique de mise en œuvre des dalles chaux-chanvre par un autre maçon, Michel COSTA (Descartes – 37), formateur sur l'emploi du chanvre dans le bâtiment.



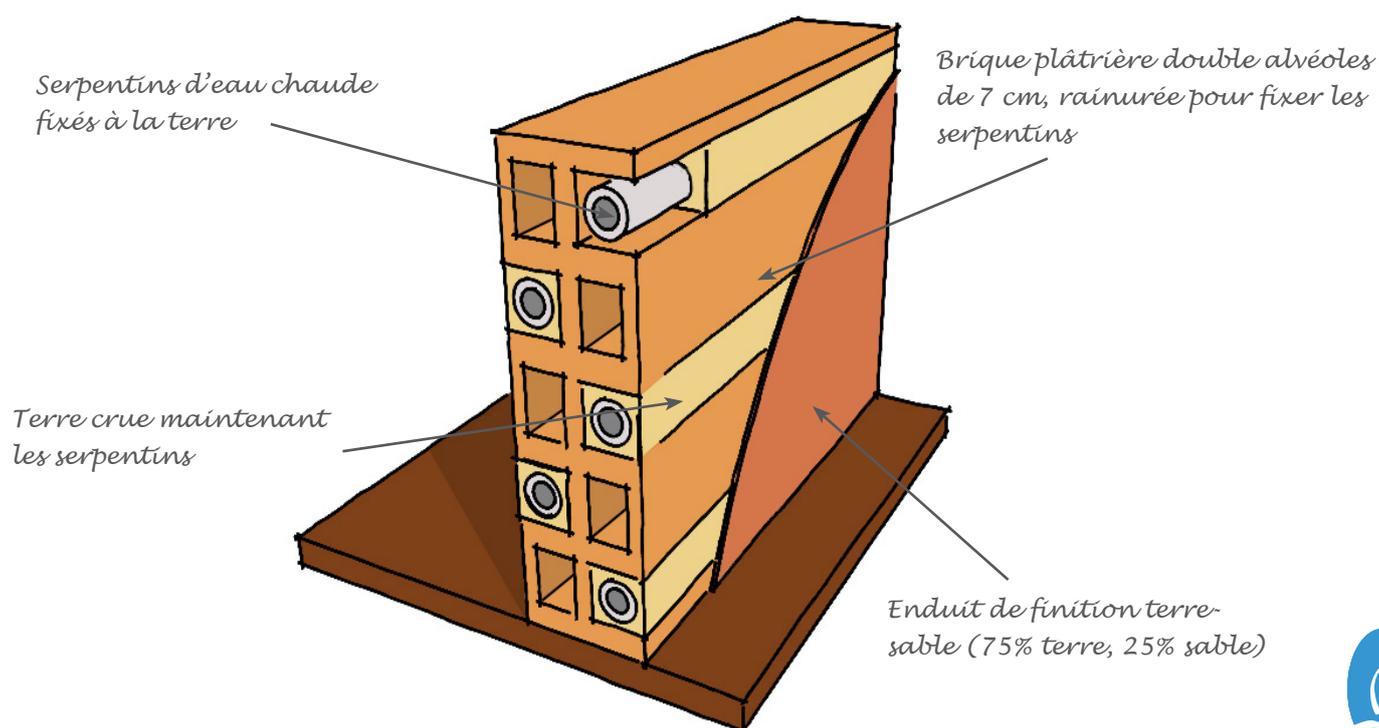
Crédit photo : gite-de-la-rouillere.over-blog.com

### Zoom sur... La création d'un mur chauffant

Afin d'assurer le chauffage au premier étage, le mur central est équipé d'un système de serpentins, similaire à celui du plancher du rez-de-chaussée. Le mur est monté en briques double alvéoles, de 7 cm d'épaisseur, rainurées sur chaque face. Les rainures accueillent les serpentins d'eau chaude fixés tous les 20 cm avec de la terre crue. Le tout est recouvert d'un enduit terre/sable (75% de terre et 25% de sable) en monocouche de 2 à 3 cm. Les murs en tuffeau confèrent au bâtiment une forte inertie et contribuent au confort thermique au premier étage et au rez-de-chaussée.



Crédit photo : gite-de-la-rouillere.over-blog.com



## Zoom sur... L'isolation du mur nord enduit à la terre

Au Nord, le mur a été isolé par 5 à 10 cm de chènevotte en vrac ( $R=2,1\text{m}^2.\text{K/W}$ ) et un parement en briques plâtrières alvéolées de 5 cm d'épaisseur.

L'enduit de finition est un mélange terre-sable-paille de 2 à 3 cm qui participe au confort thermique en régulant l'hygrométrie.



Crédit photo : gite-de-la-rouillere.over-blog.com

### Travaux en cours ...

En 2011, les propriétaires réalisent une salle de séminaire au 1<sup>er</sup> étage. Le mur Est de cette salle est isolé avec 125 mm de chanvre/lin (produit de la CAVAC ayant la certification Acermi). La finition est assurée par un fermacell® (plaque de gypse et cellulose) sur lequel une primaire d'accrochage et un enduit à la terre sont appliqués.

Composant	Epaisseur (cm)	Conductivité thermique** (W/m.K)	Résistance thermique (m <sup>2</sup> .K/W)
Tuffeau	50	0,850	0,59
Isolant chanvre-lin	12,5	0,037	3,38
Fermacell	1,3	0,36	0,04
Total	63,8		4,01

## ■ Maîtrise de l'énergie / énergies renouvelables

- Une ventilation mécanique contrôlée (VMC) double flux avec un rendement de 90 à 95% est installée. Elle prélève l'air vicié dans les pièces humides et souffle de l'air neuf dans les chambres.
- Grâce aux travaux d'isolation, le chauffage et l'eau chaude sanitaire sont assurés par 20 m<sup>2</sup> de panneaux solaires thermiques et une chaudière bois de 35 kW avec un rendement de 95%. La chaudière est équipée de 2 ballons, l'un de 1000 L et l'autre de 600 L, le second servant de ballon de décharge lors des journées d'été très ensoleillées. La consommation énergétique du chauffage s'élève à environ 20 700 kWh/an, soit 83 kWh/m<sup>2</sup>/an.

## ■ Budget

### Dépenses (TTC)

- Isolation : 25 850 €
- Menuiserie (dont fenêtres et escalier) : 10 234 €
- Ventilation : 2 936 €
- Chauffage, ECS : 24 535 € pour la chaudière bois et 11 160 € pour les panneaux solaires.

### Aides financières

- Conseil général : 45 000 € (fond départemental d'aménagement du territoire)  
2 500 € subvention chaudière bois
- Pays du chinonais : 30 000 € Région Centre (Axe II, Action 4)
- Conseil général (via l'ADEME) : 2 500 € subvention silo chaudière bois.

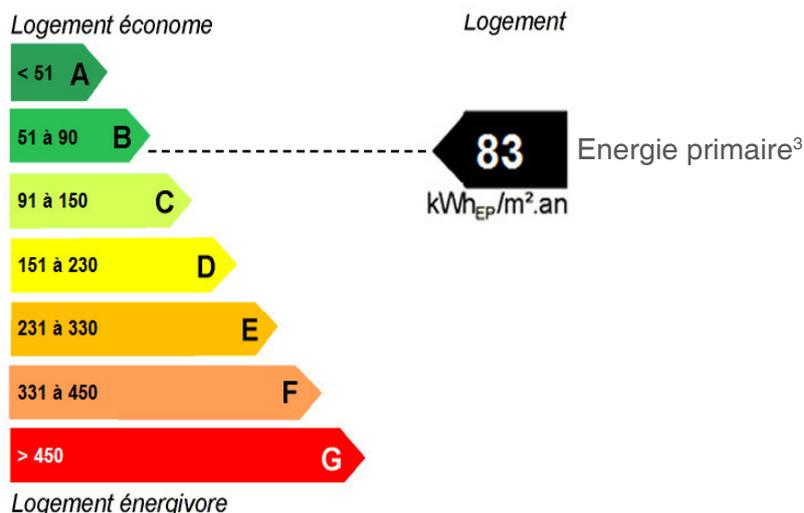
Pour une surface habitable de 250 m<sup>2</sup>, le budget total de la rénovation est de 160 000 € hors main d'œuvre du propriétaire (estimée à 90 000€), soit un coût d'environ 1000 €/m<sup>2</sup> de surface habitable

## ■ Retour d'expérience

Le gîte est ouvert depuis avril 2010. Il n'est occupé que les week-ends et durant les vacances scolaires mais il a toutefois été chauffé tout l'hiver sans interruption à 18°C pour permettre le séchage des matériaux. A l'issue des travaux, la facture de chauffage n'a pas augmenté bien que la surface à chauffer ait été multipliée par 2,5.

Aucun désordre n'a été constaté. Une surchauffe d'été au deuxième étage se fait toutefois ressentir. Elle est directement liée au choix du matériau d'isolation, un isolant mince qui n'a pas de déphasage suffisant (temps de transmission de la chaleur). Les propriétaires ont le projet de refaire l'isolation de la toiture en fibre de bois.

Au cours des travaux, le principal problème rencontré a été de trouver des matériaux écologiques sur le marché.



*Ici, l'étiquette énergie ne représente que les consommations en chauffage. Elle ne tient pas compte des consommations en eau chaude sanitaire*

N.B : La consommation énergétique est exprimée en énergie primaire qui tient compte des pertes lors de la transformation de l'énergie. Pour le bois ou le solaire, les pertes sont presque nulles. Pour l'électricité du réseau, en revanche, on estime que pour 1 kWh (énergie finale<sup>4</sup>) consommé par le logement, on a utilisé 2,58 kWh d'énergie primaire (uranium, gaz, charbon).

## ■ Maîtrise d'œuvre, artisans

- Menuiserie : Anthony QUINTEAU, ZI La Pièce des Marais 37500 La Roche Clermault
- Maçonnerie : Eric BARRAULT, 4 Impasse des jardins Beaulieu 86120 Les 3 Moutiers
- Couverture, charpente : Kléber GIGON, La croix de chaume 86120 Roiffé
- Electricité, VMC : Christophe JOUSSELIN, La Gadevinière 37420 Savigny en Veron
- Chaudière bois, panneaux solaires : Les Energistes, rue des artisans 37300 Joué les Tours
- Isolation, enduits : Jean-François ARCHAIMBAULT, 1 Impase de la Rouillère 37500 Ligné
- Terrasse, clôture : Agence Bois Extérieur, 21 Allée de l'Ilette 37140 Chouzé sur Loire

<sup>1</sup>Résistance thermique R : c'est la résistance qu'oppose un matériau au passage de la chaleur. Plus la résistance est grande, plus le matériau est isolant.

<sup>2</sup>Conductivité thermique : c'est la propriété qu'ont les matériaux à transmettre la chaleur. Plus cette valeur est petite, plus le matériau est isolant.

<sup>3</sup>Energie primaire : c'est l'énergie disponible dans la nature avant transformation.

<sup>4</sup>Energie finale : c'est l'énergie consommée par le logement.



## Un bâti en tuffeau pour aujourd'hui

### Réhabilitation thermique d'une maison de bourg

Localisation : 49250 Saint-Mathurin-sur-Loire  
Surface habitable : 200 m<sup>2</sup>  
Nombre d'occupants : 2 occupants  
Année de construction : antérieure au XIX<sup>e</sup> siècle

#### ■ Le projet

Cette rénovation est menée dans la démarche du label BBC rénovation (Bâtiment Basse Consommation).

Les propriétaires ont fait appel à un thermicien, François MAGALDI, pour réaliser une étude thermique sur le bâtiment et les conseiller sur les travaux à réaliser.

Ils ont tout d'abord remplacé la laine de verre

du rez-de-chaussée et du premier étage par un isolant naturel, puis ont changé quasiment l'ensemble des menuiseries.

Ils ont fait le choix de réaliser une grande partie des travaux eux-même afin de limiter les coûts.

#### ■ Le contexte

La maison est composée de 2 bâtiments accolés. Le premier, côté rue, est entièrement monté en pierre de taille de tuffeau. Le second est en calcaire gréseux et silex au niveau du rez-de-jardin. Avant les travaux, la maison souffrait de problèmes d'humidité et de moisissures dus à l'application d'enduit ciment sur les murs et à une mauvaise évacuation des eaux pluviales s'écoulant vers le bâtiment.

Le ciment empêche la respiration et l'assèchement du tuffeau entraînant ainsi sa détérioration.



## ■ Les travaux réalisés

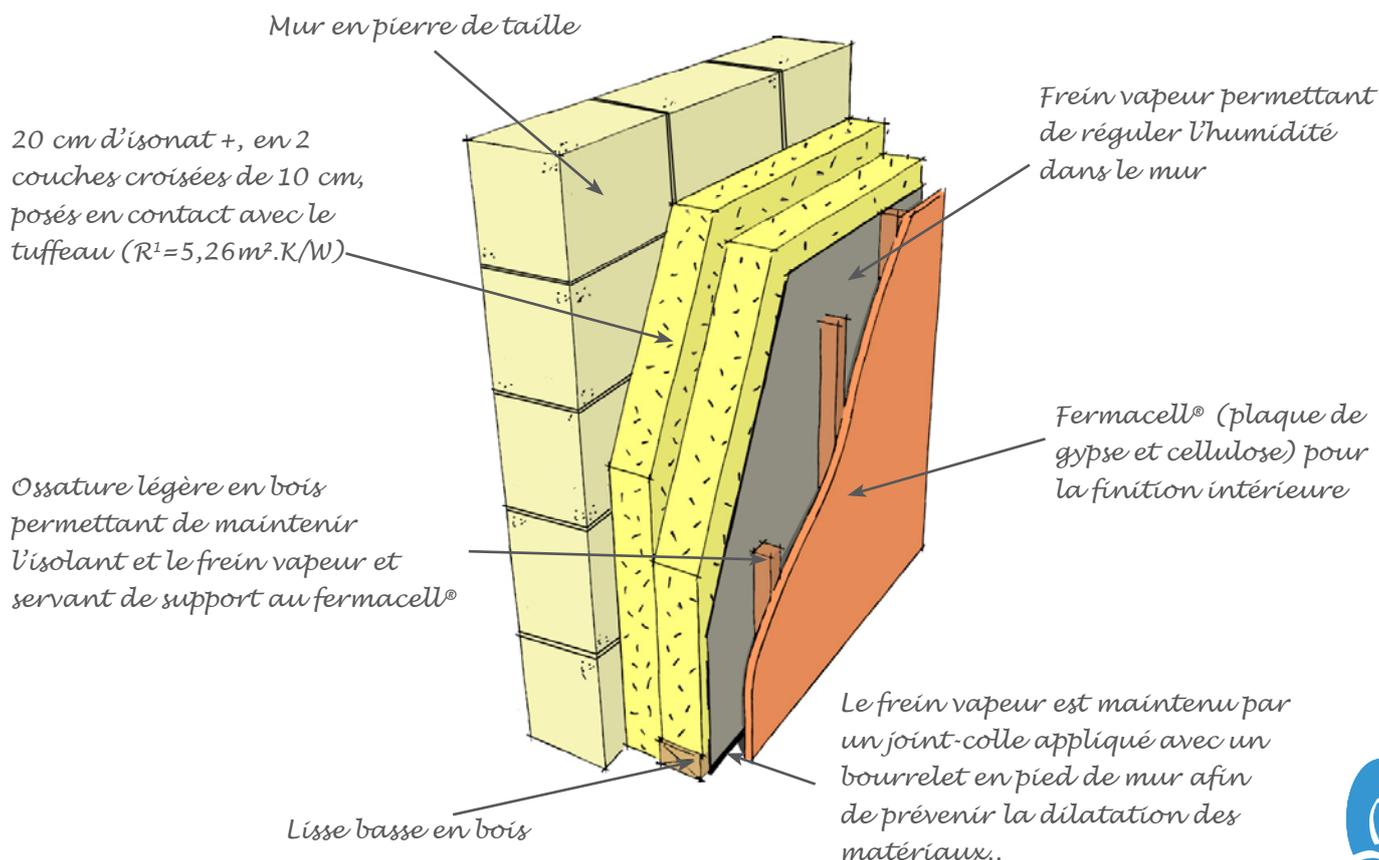
- Traitement des pathologies : retrait de la laine de verre et du ciment afin de permettre aux murs de s'assécher.
- Remplacement de plusieurs menuiseries.
- Réaménagements intérieurs : isolation des murs, des rampants et des combles, remplacement de l'ancienne VMC (Ventilation mécanique contrôlée) et de la chaudière à gaz.
- Traitement de la charpente au sel de bore.
- Assainissement par phyto-épuration.



### Zoom sur... L'isolation du rez-de-chaussée et le calfeutrement des fenêtres

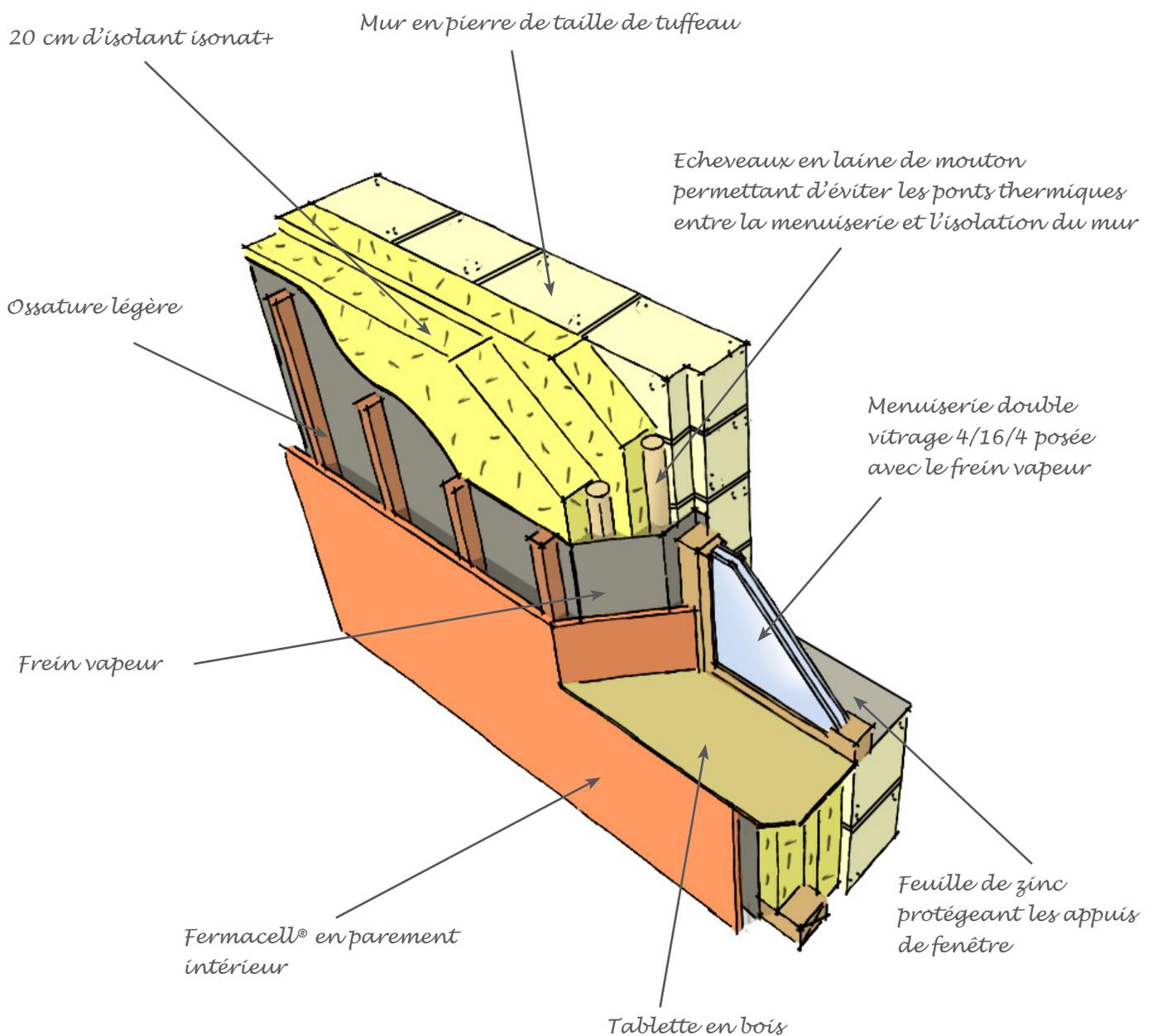
Les murs du rez-de-chaussée sont isolés par 20 cm d'isonat plus. Cet isolant est composé de 35% de chanvre, 55% de bois et 10% de polyester et dispose de la certification ACERMI. Il est posé directement sur le tuffeau, un frein vapeur est ensuite appliqué. Son rôle est de réguler la pénétration d'humidité dans le mur et d'assurer l'étanchéité à l'air.

Il faut être attentif à la mise en œuvre du frein vapeur. Les discontinuités liées à la pose (raccords, passages de gaines, huisseries, ...) sont des zones où l'humidité pourra s'accumuler au lieu d'être uniformément répartie. Les dégâts liés à l'humidité seront donc concentrés et amplifiés.



Les nouvelles menuiseries sont en double vitrage de type 4/16/4 avec lame d'argon (gaz inerte qui permet d'améliorer les performances thermiques du vitrage). Elles sont posées avec le frein vapeur collé, ce qui permet d'assurer l'étanchéité (voir schéma).

Pour éviter les ponts thermiques au niveau des fenêtres, le calfeutrement est réalisé avec des écheveaux de laine de mouton. Les écheveaux permettent de combler l'espace entre la menuiserie et l'isolant du mur.



## Zoom sur... L'isolation des combles en ouate de cellulose



Le plafond du 1<sup>er</sup> étage est isolé par 40 cm de ouate de cellulose en vrac ( $R=7,8 \text{ m}^2.K/W$ ). La ouate de cellulose est issue du recyclage du papier. Elle est souvent utilisée pour l'isolation des combles car elle concilie un bon confort thermique d'hiver et d'été avec un prix abordable.

Avec les isolants en vrac, on note un tassement d'environ 20%, par rapport à l'épaisseur initiale, il restera donc 32 cm d'isolant après tassement.

## ■ Maîtrise de l'énergie / énergies renouvelables

- Installée avant les travaux d'isolation, une chaudière bois bûche avec hydro-accumulation d'une puissance de 25 kW couvre les besoins en eau chaude sanitaire et en chauffage du foyer. Les ballons sont équipés de serpentins permettant d'installer ultérieurement des panneaux solaires thermiques.
- La ventilation est assurée par une VMC double flux (récupération de la chaleur de l'air sortant l'hiver pour réchauffer l'air entrant) avec un by-pass qui permet d'adapter le fonctionnement de la VMC selon les saisons.



Chaudière bois-bûche



Ventilation mécanique contrôlée

## ■ Budget

### Dépenses (TTC)

- Etude thermique : 500 €
- Isolation : 10 000 €
- Menuiserie : 10 000 €
- Ventilation : 2 800 €
- Chauffage, ECS : 11 000 €
- Phyto-épuration : 3 500 €

### Aides financières

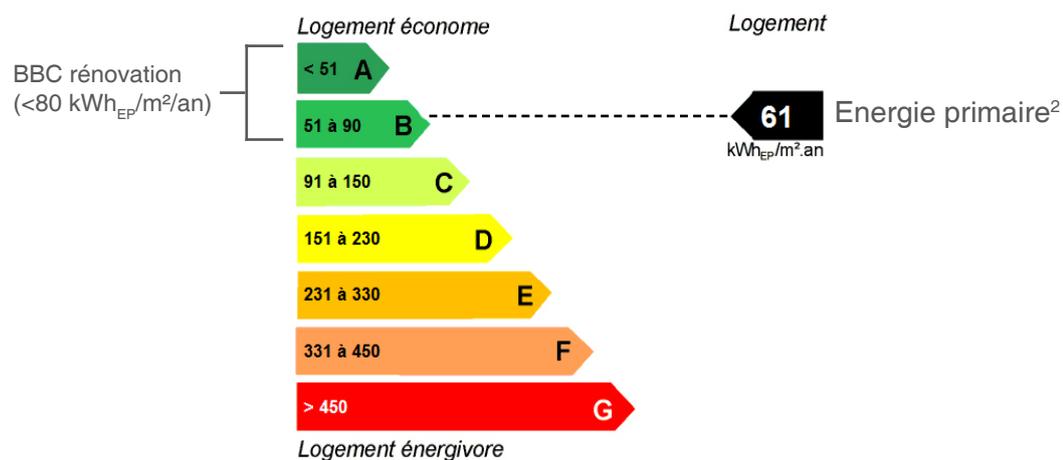
- Région Pays de la Loire (AREEP : Aide Régionale aux Economies d'Energies) : 4 800 €
- Crédit d'impôt
- Eco prêt à taux zéro

## ■ Retour d'expérience

Les travaux sont actuellement en cours de réalisation. Les propriétaires ont fait le choix d'en réaliser un maximum eux-mêmes afin de réduire les coûts. Toutefois, ils ont fait réaliser une étude thermique par Mr MAGALDI (Altros Ingenierie) pour les guider dans le choix des travaux à réaliser. Ils ont rencontré quelques difficultés lors de la pose des isolants et du frein vapeur.

Il est conseillé d'investir d'abord dans les travaux d'isolation pour réduire au préalable les besoins en chauffage.

Les consommations du bâtiment après travaux sont estimées à 61 kWh<sub>EP</sub>/m<sup>2</sup>/an, ce qui permettra aux propriétaires d'obtenir le label BBC rénovation.



*Ici, l'étiquette énergie représente les consommations en chauffage, ventilation et en eau chaude sanitaire du logement.*

N.B : La consommation énergétique est exprimée en énergie primaire qui tient compte des pertes lors de la transformation de l'énergie. Pour le bois ou le solaire, les pertes sont presque nulles. Pour l'électricité du réseau, en revanche, on estime que pour 1 kWh (énergie finale<sup>3</sup>) consommé par le logement, on a utilisé 2,58 kWh d'énergie primaire (uranium, gaz, charbon).

## ■ Maîtrise d'œuvre, artisans

- Etude thermique : François MAGALDI, Altros ingenierie (49)
- Matériaux et conseils : MATÉRIAUX VERTS, Beaucouzé
- Taille de pierre : SARL DELOUCHE, Les Rosiers-sur-Loire
- Menuiserie : OUEST OUVRAGE, Saint-Mathurin-sur-Loire

<sup>1</sup>Résistance thermique R : c'est la résistance qu'oppose un matériau au passage de la chaleur. Plus la résistance est grande, plus le matériau est isolant.

<sup>2</sup>Energie primaire : c'est l'énergie disponible dans la nature avant transformation.

<sup>3</sup>Energie finale : c'est l'énergie consommée par le logement.

# Rénovation et bâti ancien

---



# LE BÂTI ANCIEN-Quelques Généralités

Un peu d'histoire.....

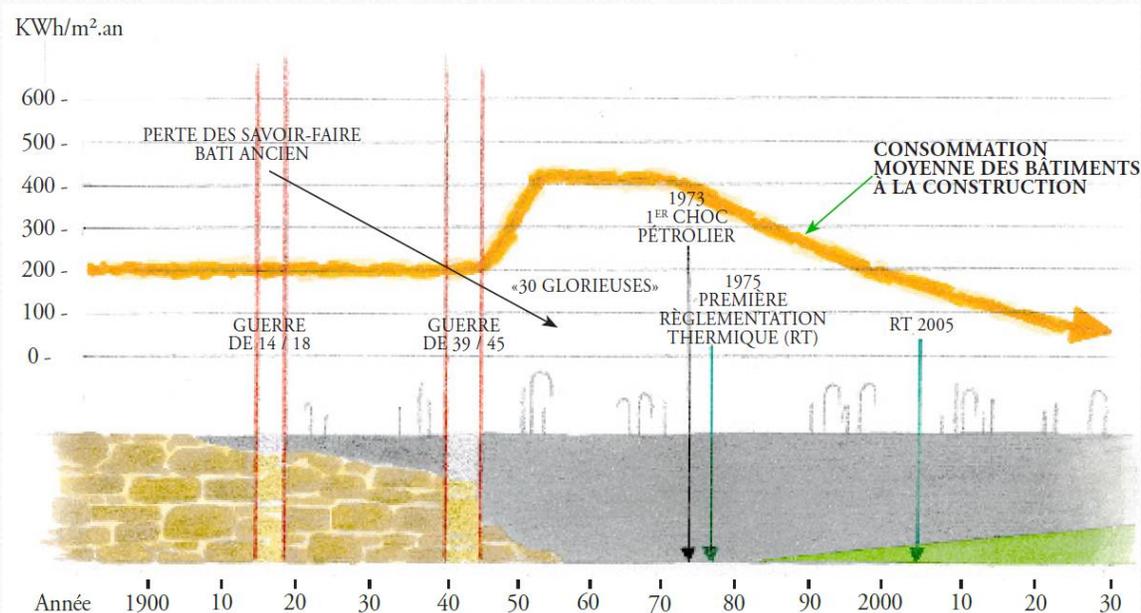


1ere guerre Mondiale: Avec les nombreuses pertes humaines, nous avons perdu des savoir-faire ancestraux de construction des bâtiments

2ieme Guerre Mondiale: Destruction massive des bâtiments, l'énergie bon marché et l'industrialisation des matériaux.

# LE BÂTI ANCIEN

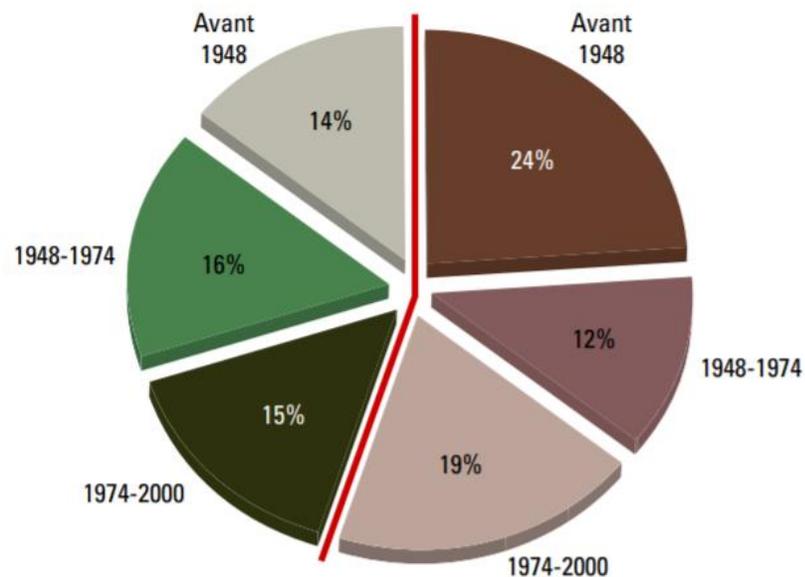
- Le bâti ancien possède des qualités thermiques et hydriques naturelles.
- **Il vit avec son environnement** (eau, air, climat). On dit qu'il « respire ».
- Il est constitué de **matériaux naturels, peu transformés**, le plus souvent trouvés dans un périmètre proche. Seuls appels à l'industrie : terre cuite, chaux, verre, fer.
- Il est **durable** et **réemployable** en majeure partie.
- Un bâtiment ancien, originel, bien traité, bien conservé, présente en général **d'assez bonnes performances thermiques**.



# LE BÂTI ANCIEN: Répartition dans le parc résidentiel Aujourd'hui

LOGEMENTS  
COLLECTIFS

MAISONS  
INDIVIDUELLES



**66% du parc français construit avant 1974 (non isolé)**

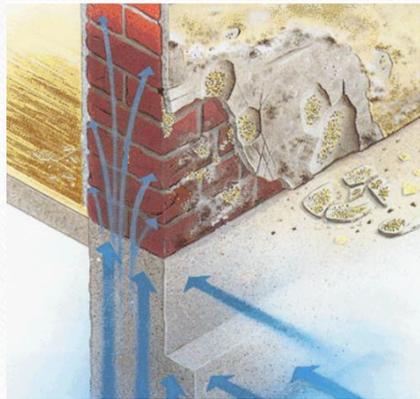
Source: ANALYSE DÉTAILLÉE DU PARC RÉSIDENTIEL EXISTANT- PACTE

# LA RENOVATION DU BÂTI ANCIEN: Préalable obligatoire: Le Diagnostique

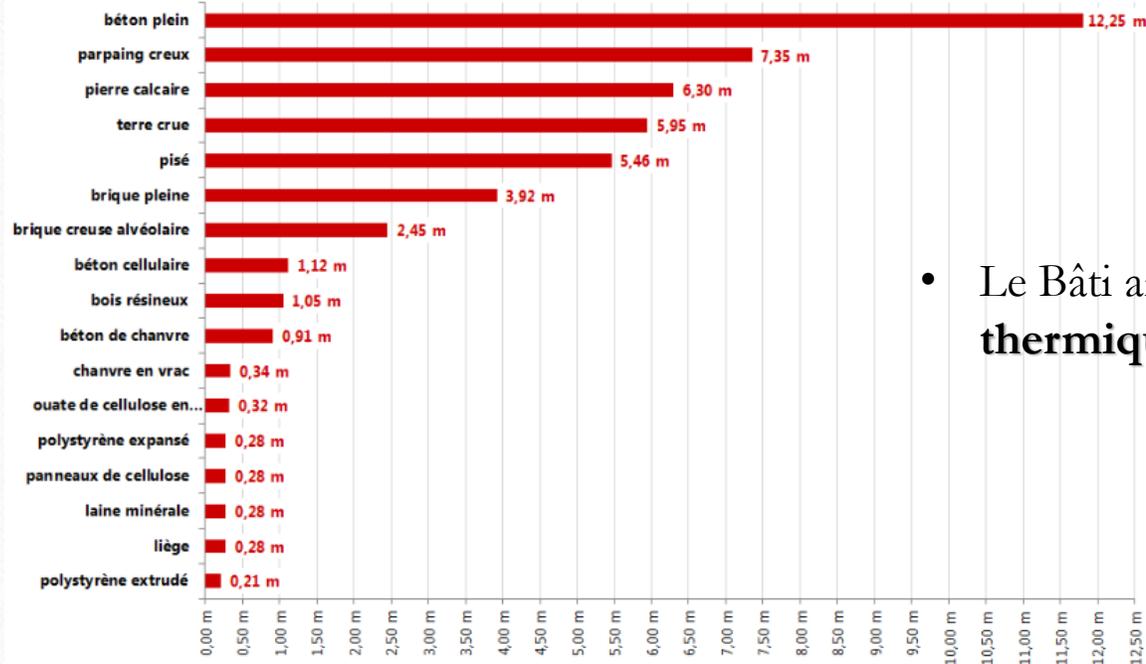
Pour éviter les erreurs:

- S'assurer du bon état de santé de la maison: La couverture, la charpente, les murs extérieurs, les refends, les planches, la si il y en a une et les menuiseries
- S'assurer de la présence de l'eau et notamment celle qui monte du sol
- S'assurer de la non présence de champignon ou d'insecte comme, la mэрule, la termite, le capricorne

.....



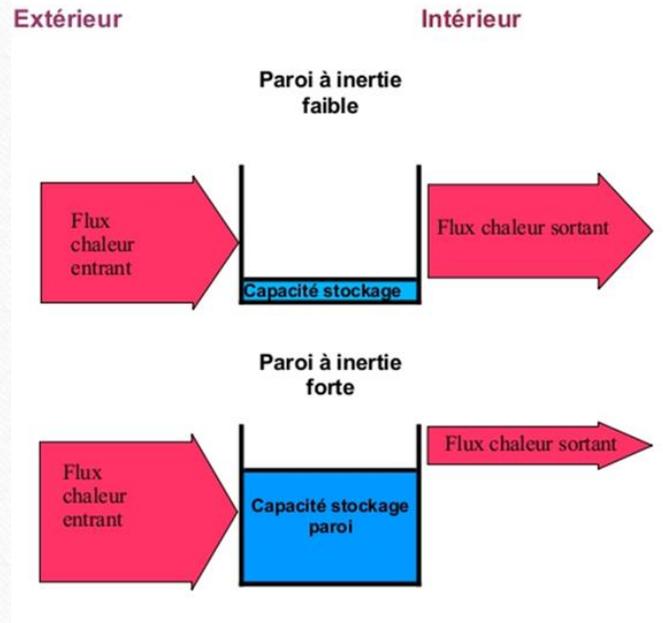
# LA RENOVATION DU BÂTI ANCIEN: Comportement thermique du bâti ancien



Épaisseur en mètres pour un pouvoir isolant équivalent

- Le Bâti ancien possède généralement une **excellente inertie thermique** et de très bonnes propriétés bioclimatiques.

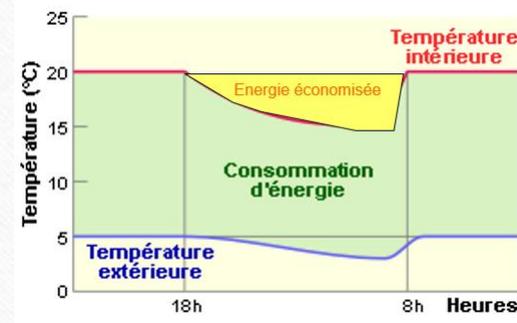
# LA RENOVATION DU BÂTI ANCIEN: Comportement thermique du bâti ancien



## L'inertie thermique

L'inertie thermique des murs anciens est la capacité d'un matériau à stocker l'énergie. Plus l'inertie est élevée, plus le matériau restitue des quantités importantes de chaleur ou de fraîcheur selon la saison.

L'inertie peut-être utilisée pour une programmation de chauffage efficace.

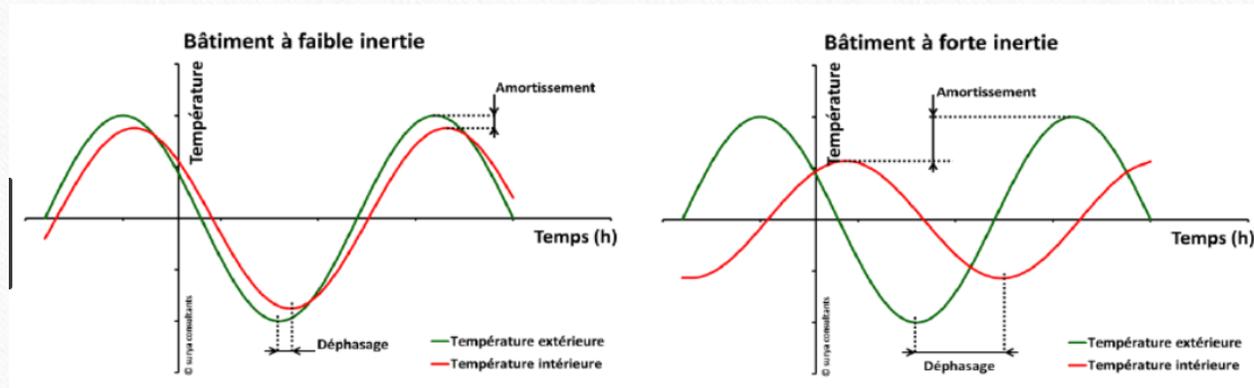


Attention l'isolation intérieure peut diminuer considérablement l'inertie d'une paroi.

# LA RENOVATION DU BÂTI ANCIEN: Comportement thermique du bâti ancien

## L'inertie provoque le déphasage thermique et donc un bon confort

le **déphasage thermique** est la capacité des matériaux à ralentir les transferts de chaleur, notamment du rayonnement solaire estival. Ce déphasage thermique est notamment utile en été pour empêcher la pénétration de l'énergie du rayonnement solaire le jour et la rejeter la nuit.



<i>Matériaux constituant les murs (épaisseur)</i>	<i>Déphasage: valeur moyenne</i>
granit (50 cm)	7 h
pan de bois et torchis (20 cm)	7 h
grès (50 cm)	8 h
brique (35 cm)	11 h
calcaire (40 cm)	13 h

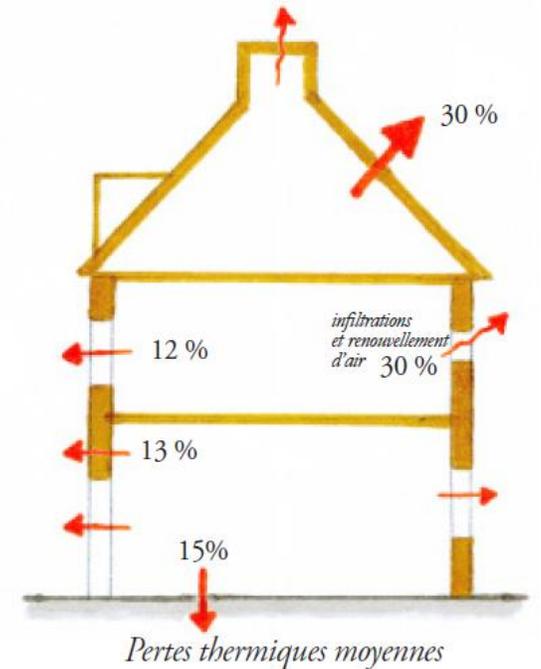
*Ordre de grandeur  
des valeurs de déphasage*

# LA RENOVATION DU BÂTI ANCIEN: Comportement thermique du bâti ancien

## Les points faibles: Déperditions par infiltrations d'air parasite

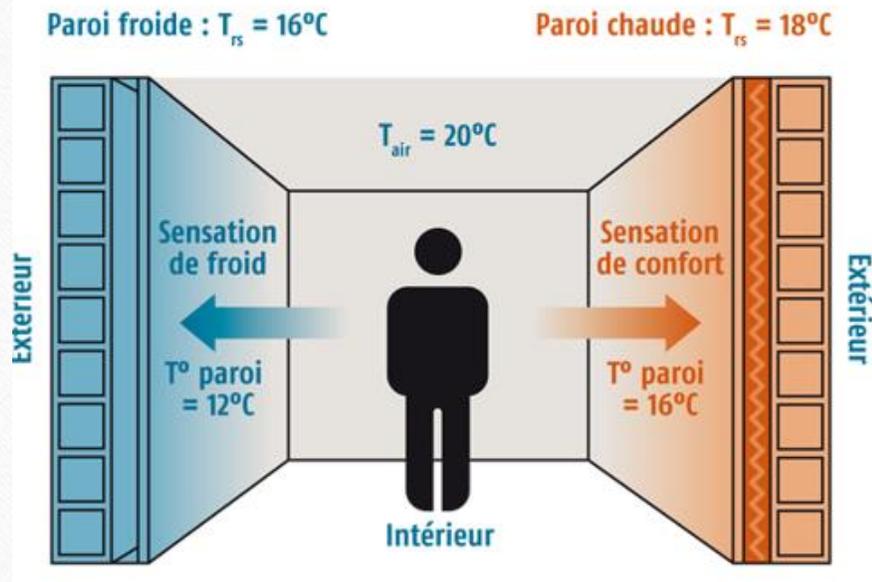
*Les principales pertes thermiques se font par les ouvertures*

*Les principales déperditions thermiques se font par **le toit, le plancher bas** et **les défauts d'étanchéité à l'air**. Moins par les parois verticales, si elles offrent une inertie suffisante (murs épais) et qu'elles sont imperméables à l'air.*



# LA RENOVATION DU BÂTI ANCIEN: Comportement thermique du bâti ancien

## Les points faibles: *L'effet de paroi froide*



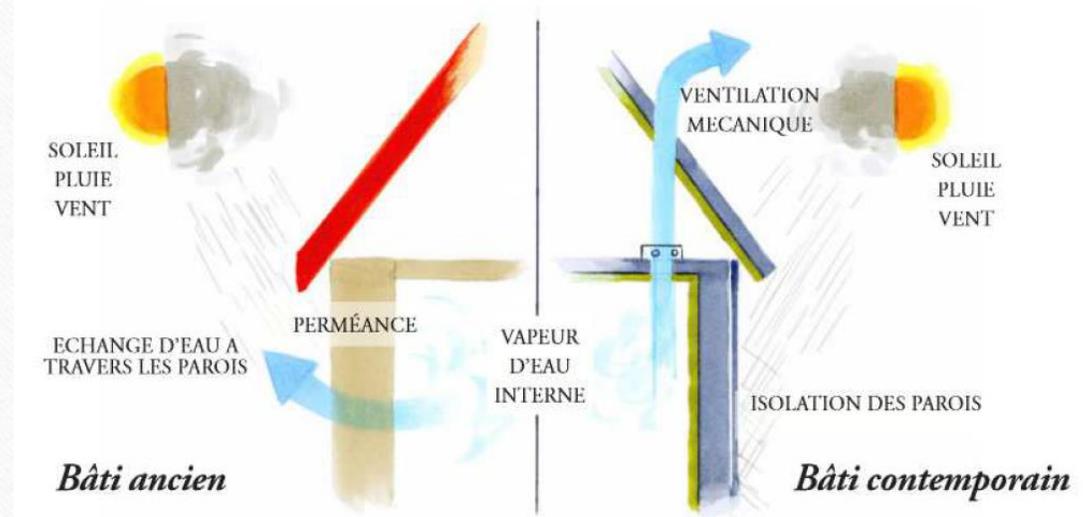
Un mur Froid aspire la chaleur du corps, ainsi lorsque une paroi est à  $12^{\circ}\text{C}$  et la température ambiante à  $20^{\circ}\text{C}$  la température ressentie sera de  $16^{\circ}\text{C}$

Une paroi froide génère également de la convection thermique, générant de l'inconfort thermique

Un parement intérieur opus une isolation adaptée à faible effusivité permet de limiter cet effet négatif des parois anciennes.



# LA RENOVATION DU BÂTI ANCIEN: Comportement Hygrométrique du bâti ancien



Le bâti ancien contient de l'eau qu'il gère selon un équilibre en accord avec son environnement et les conditions climatiques.

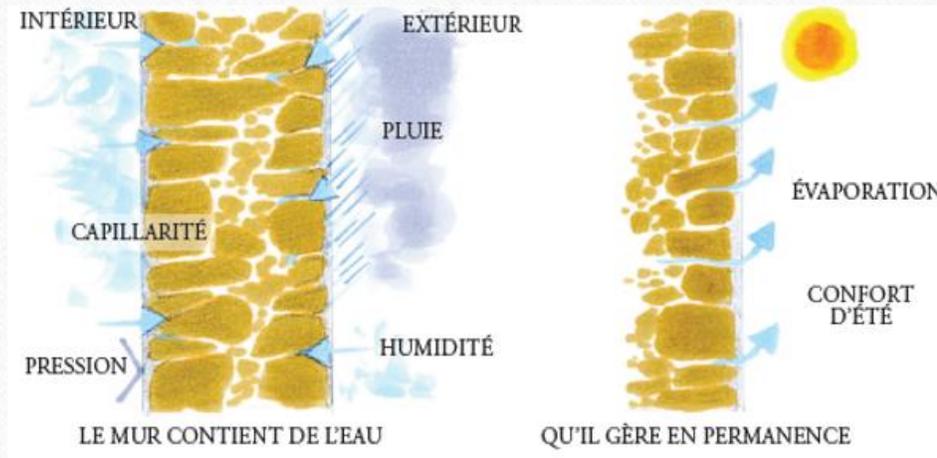
Cette équilibre est primordiale pour le confort mais aussi pour la pérennité des ouvrages.

Ces parois sont dites « PERSPIRANTES »

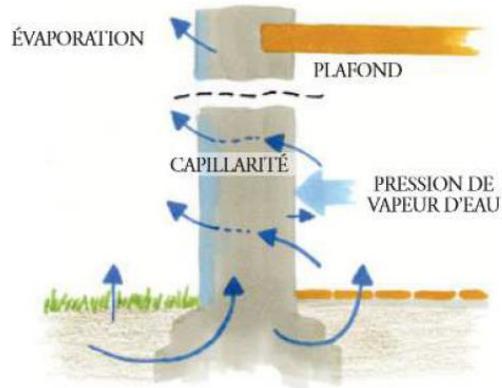
# LA RENOVATION DU BÂTI ANCIEN: Comportement Hygrométrique du bâti ancien

Les parois « Perspirantes » sont ouvertes à la diffusion de la vapeur d'eau et permettent ainsi la bonne régulation de l'humidité des locaux.

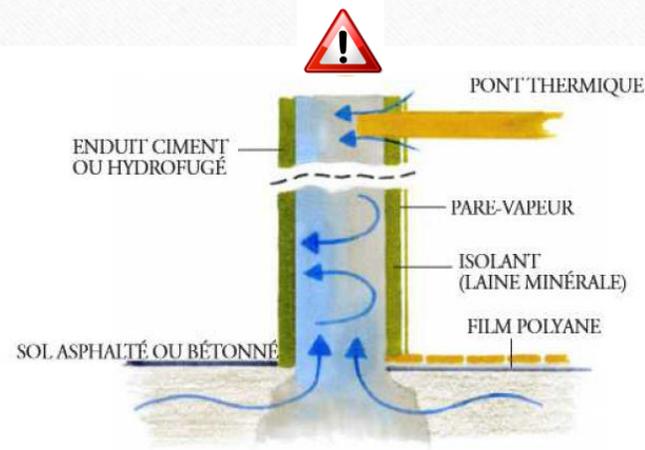
Le principe consiste à limiter l'entrée de la vapeur d'eau mais surtout de faciliter son transit vers l'extérieur.



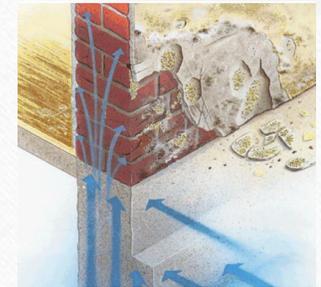
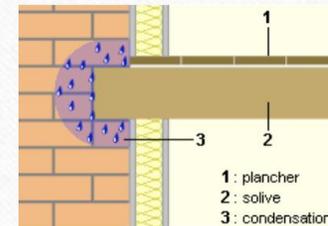
# LA RENOVATION DU BÂTI ANCIEN: Comportement Hygrométrique du bâti ancien



FONCTIONNEMENT HYGROMÉTRIQUE  
D'UN MUR TRADITIONNEL NON ISOLÉ



FONCTIONNEMENT HYGROMÉTRIQUE D'UN MUR  
TRADITIONNEL, ISOLÉ CONVENTIONNELLEMENT,  
EN HIVER: L'EAU S'ACCUMULE DANS LE MUR



La plupart des constructions anciennes bien entretenues n'ont pas de problème d'humidité. Cependant un manque d'entretien ou une réhabilitation ne respectant pas les matériaux peuvent provoquer de graves pathologies !!!!!

Vallée  
du  
**Loir**  
UN SECRET BIEN GARDÉ



Vallée  
du  
**Loir**  
UN SECRET BIEN GARDÉ



Vallée  
du  
**Loir**  
UN SECRET BIEN GARDÉ



Vallée  
du  
**Loir**  
UN SECRET BIEN GARDÉ



Vallée  
du  
**Loir**  
UN SECRET BIEN GARDÉ



Vallée  
du  
**Loir**  
UN SECRET BIEN GARDÉ



Vallée  
du  
**Loir**  
UN SECRET BIEN GARDÉ



Merci de votre attention,  
M3e est à votre disposition