

Les bâtiments en tuffeau

L'amélioration thermique du bâti ancien



Journée technique – 9 octobre 2012



L'amélioration thermique du bâti en tuffeau

- * Connaître le bâtiment ancien
- * Savoir diagnostiquer les désordres
- * Comprendre ses comportements thermiques et hydriques
- * Isoler les parois en tuffeau
- * Etude de cas: présentation de 2 réalisations
- * Le référentiel technique du PNR



L'amélioration thermique du bâti en tuffeau

- * **Connaître le bâtiment ancien**
- * Savoir diagnostiquer les désordres
- * Comprendre ses comportements thermiques et hydriques
- * Isoler les parois en tuffeau
- * Etude de cas: présentation de 2 réalisations
- * Le référentiel technique du PNR





Connaître le bâtiment ancien

* La maison rurale

EXTERIEUR...

Implantation

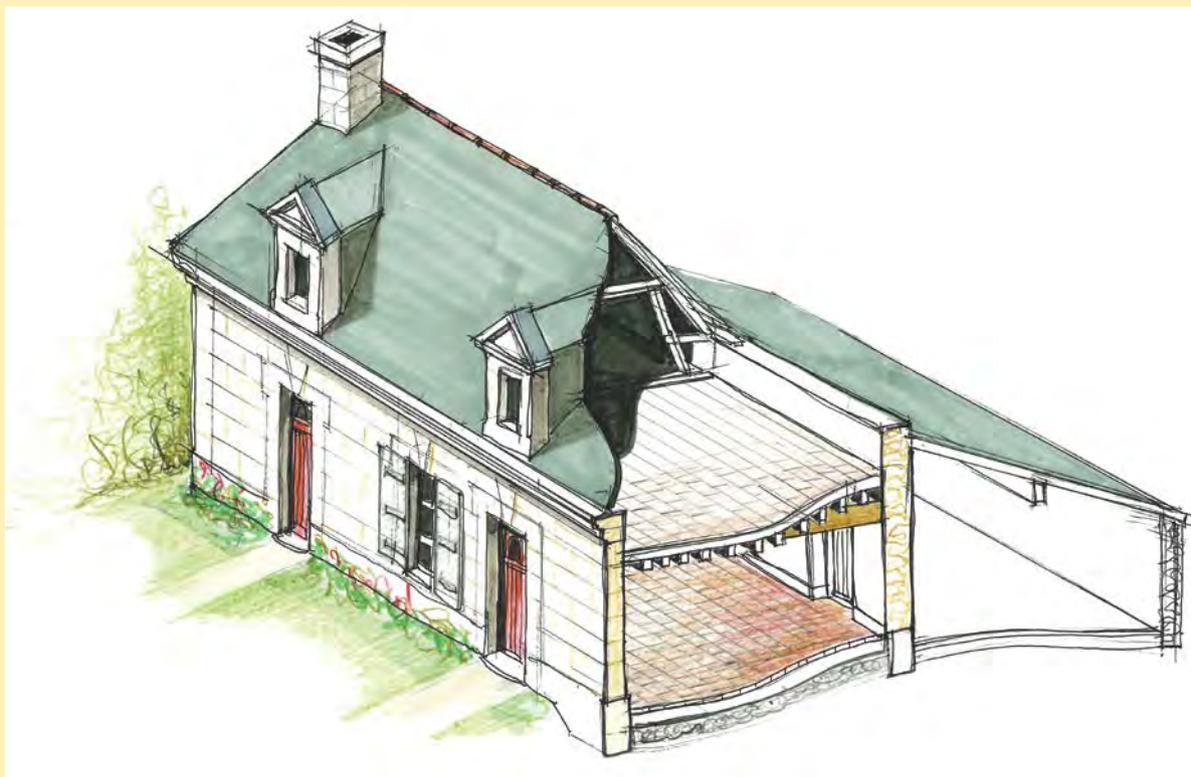
Usage

Environnement

Volumétrie

Matériaux

Interventions



...INTERIEUR

Murs

Enduits

Menuiseries

Planchers

Sols

Charpente



Connaître le bâtiment ancien

* La maison de maître

EXTERIEUR...

Implantation

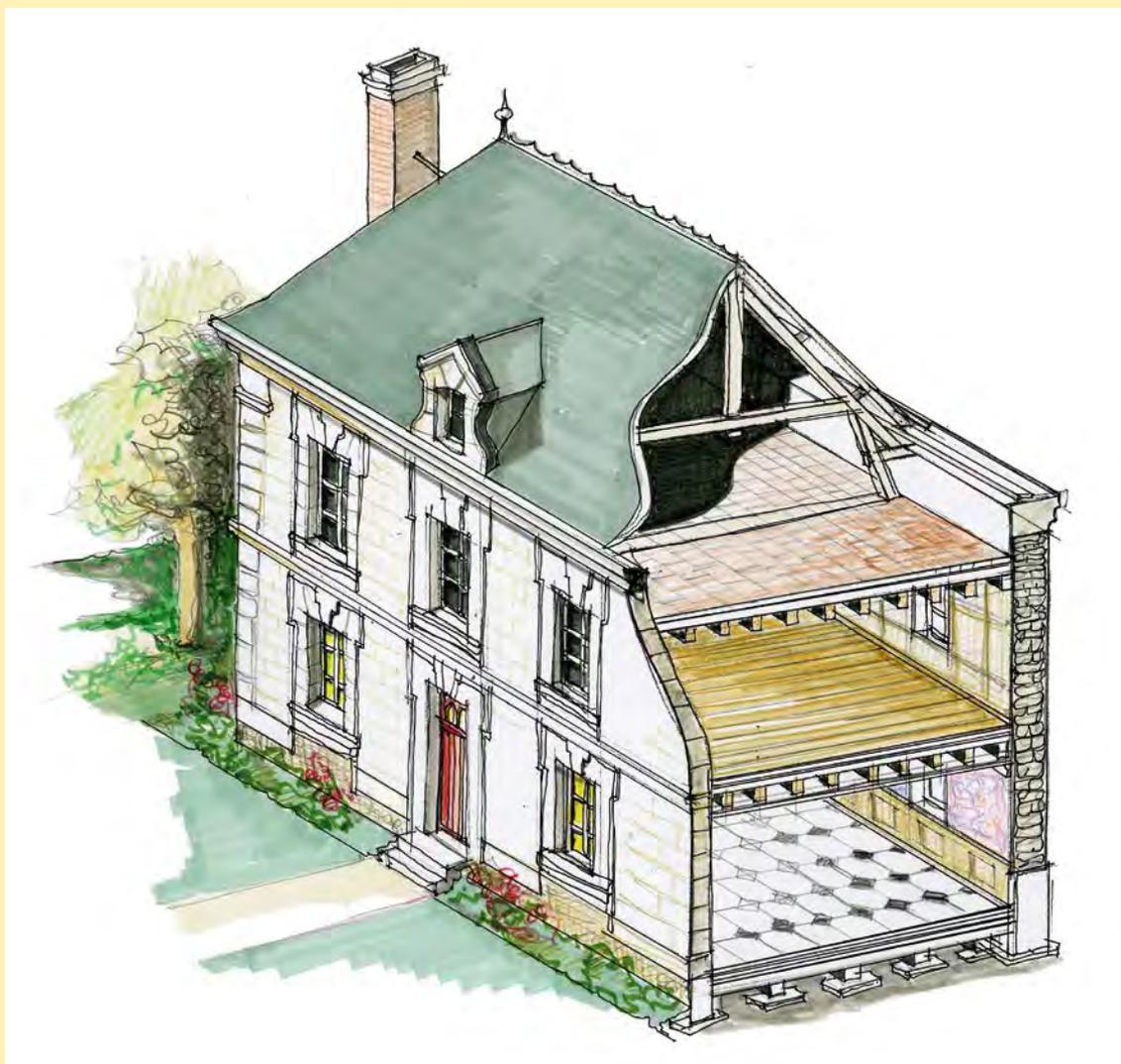
Usage

Environnement

Volumétrie

Matériaux

Interventions



...INTERIEUR

Murs

Enduits

Menuiseries

Planchers

Sols

Charpente

Connaître le bâtiment ancien

* La maison de bourg

EXTERIEUR...

Implantation

Usage

Environnement

Volumétrie

Matériaux

Interventions



...INTERIEUR

Murs

Enduits

Menuiseries

Planchers

Sols

Charpente



L'amélioration thermique du bâti en tuffeau

- * Connaître le bâtiment ancien
- * **Savoir diagnostiquer les désordres**
- * Comprendre ses comportements thermiques et hydriques
- * Isoler les parois en tuffeau
- * Etude de cas: présentation de 2 réalisations
- * Le référentiel technique du PNR



Savoir diagnostiquer les désordres

* Les dégradations du tuffeau



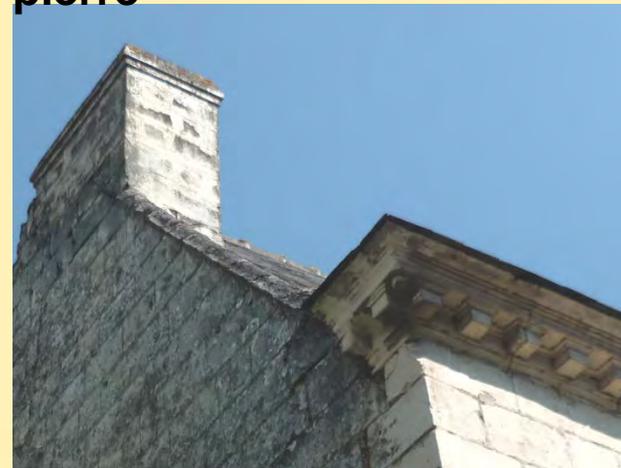
Desquamations



Facteurs internes de la pierre



Incompatibilités



Encrassement



Savoir diagnostiquer les désordres

* Manifestations de l'humidité

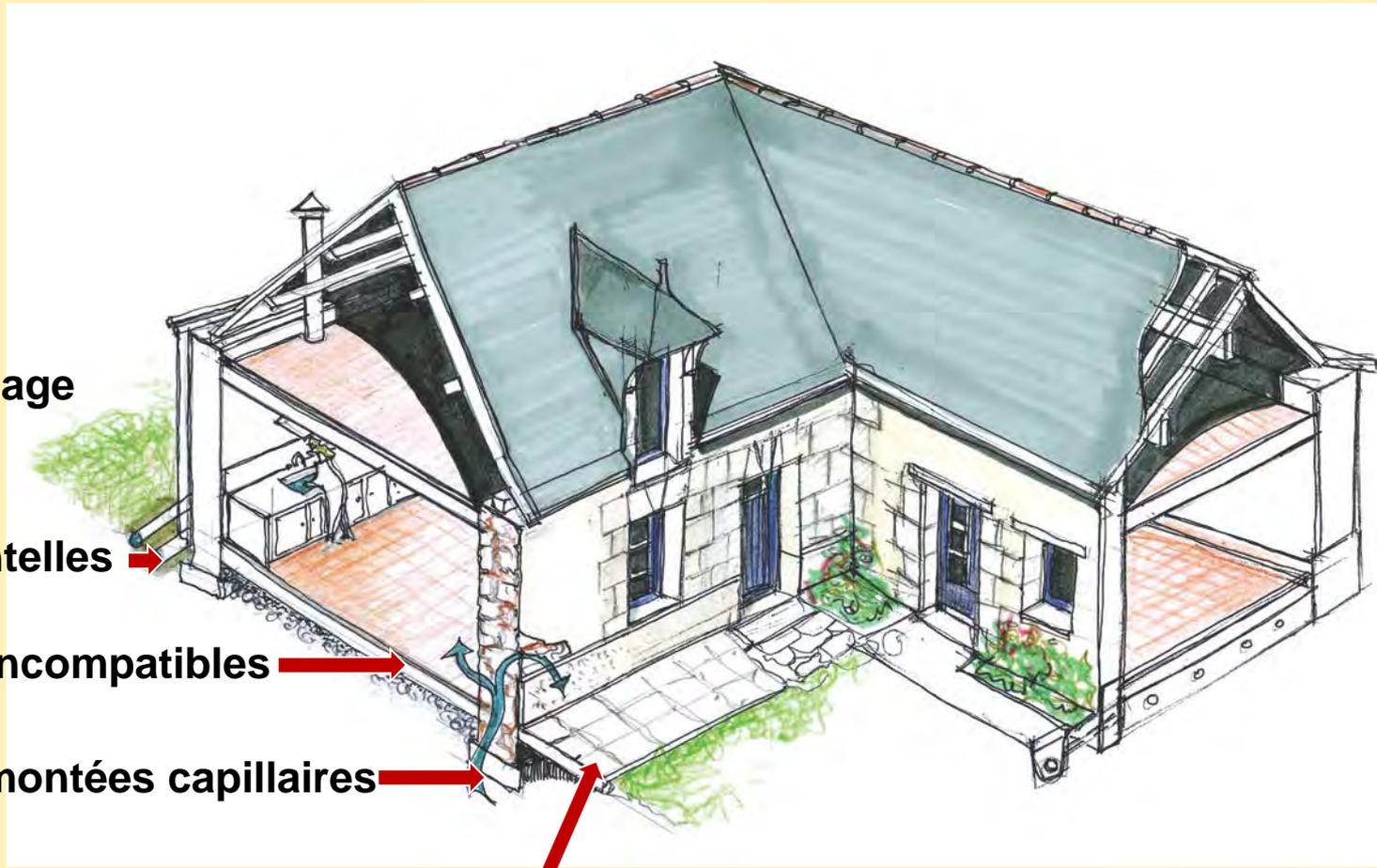
L'humidité liée à l'usage

Les sources accidentelles

Les matériaux incompatibles

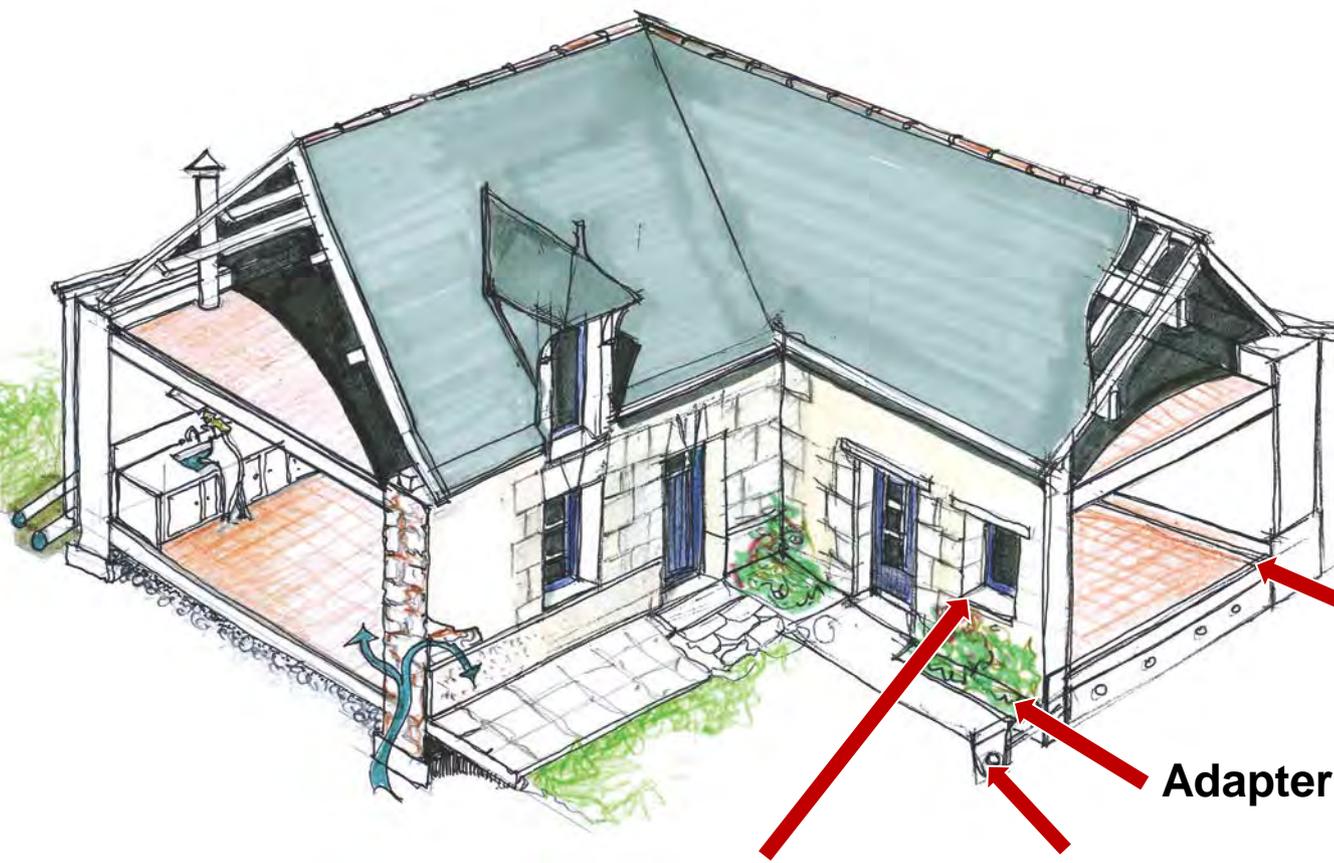
Les remontées capillaires

Le mauvais drainage du sol



Savoir diagnostiquer les désordres

* Traitements de l'humidité



Favoriser l'évaporation

Adapter la végétation

Traiter les ouvertures

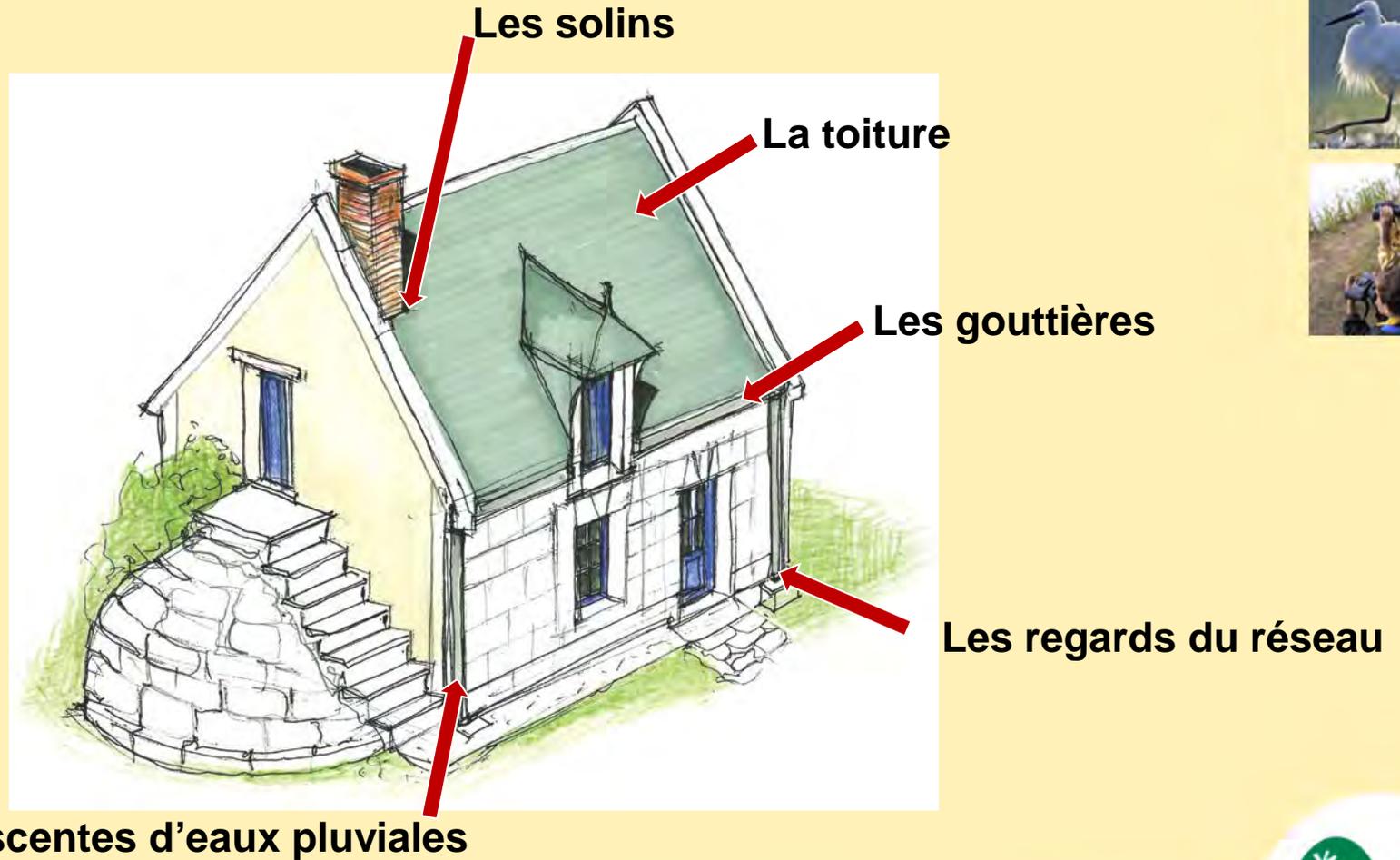
Installer un drain

Sans oublier, évacuer l'humidité domestique et ...



Savoir diagnostiquer les désordres

✿ Un impératif: l'entretien régulier



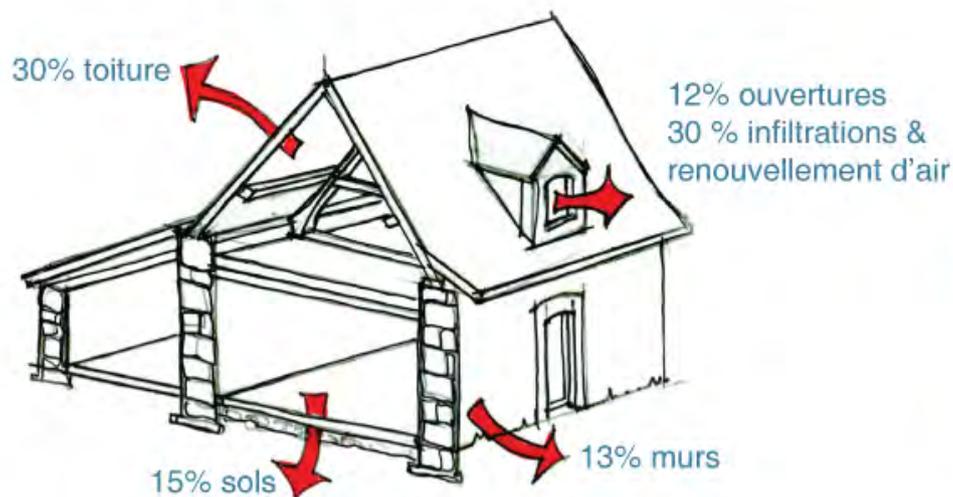
L'amélioration thermique du bâti en tuffeau

- * Connaître le bâtiment ancien
- * Savoir diagnostiquer les désordres
- * **Comprendre ses comportements thermiques et hydriques**
- * Isoler les parois en tuffeau
- * Etude de cas: présentation de 2 réalisations
- * Le référentiel technique du PNR

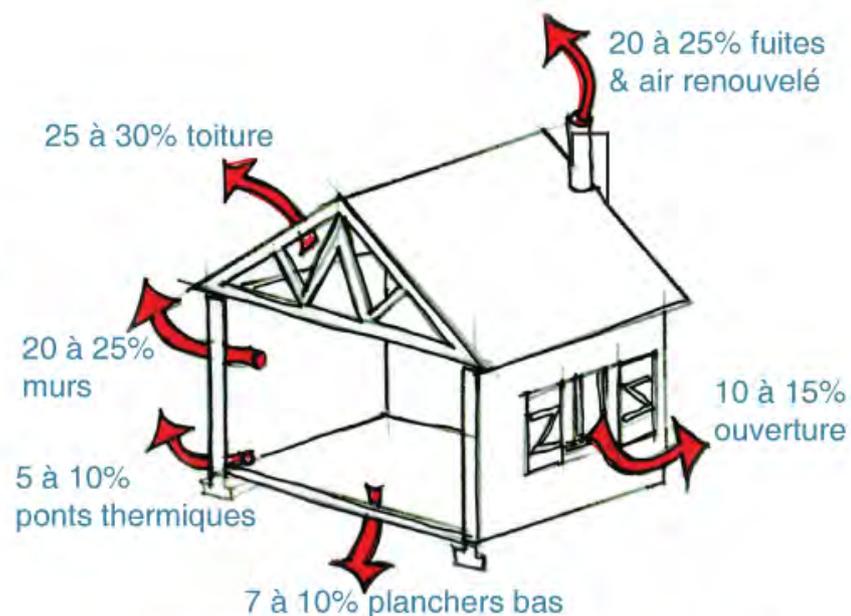




* La performance thermique du bâtiment ancien



Maison ancienne non isolée (source ATHEBA)



Maison moderne non isolée (source ADEME)



* Le comportement hygrothermique du bâtiment ancien: les - Les mauvaises ou les absences d'interventions

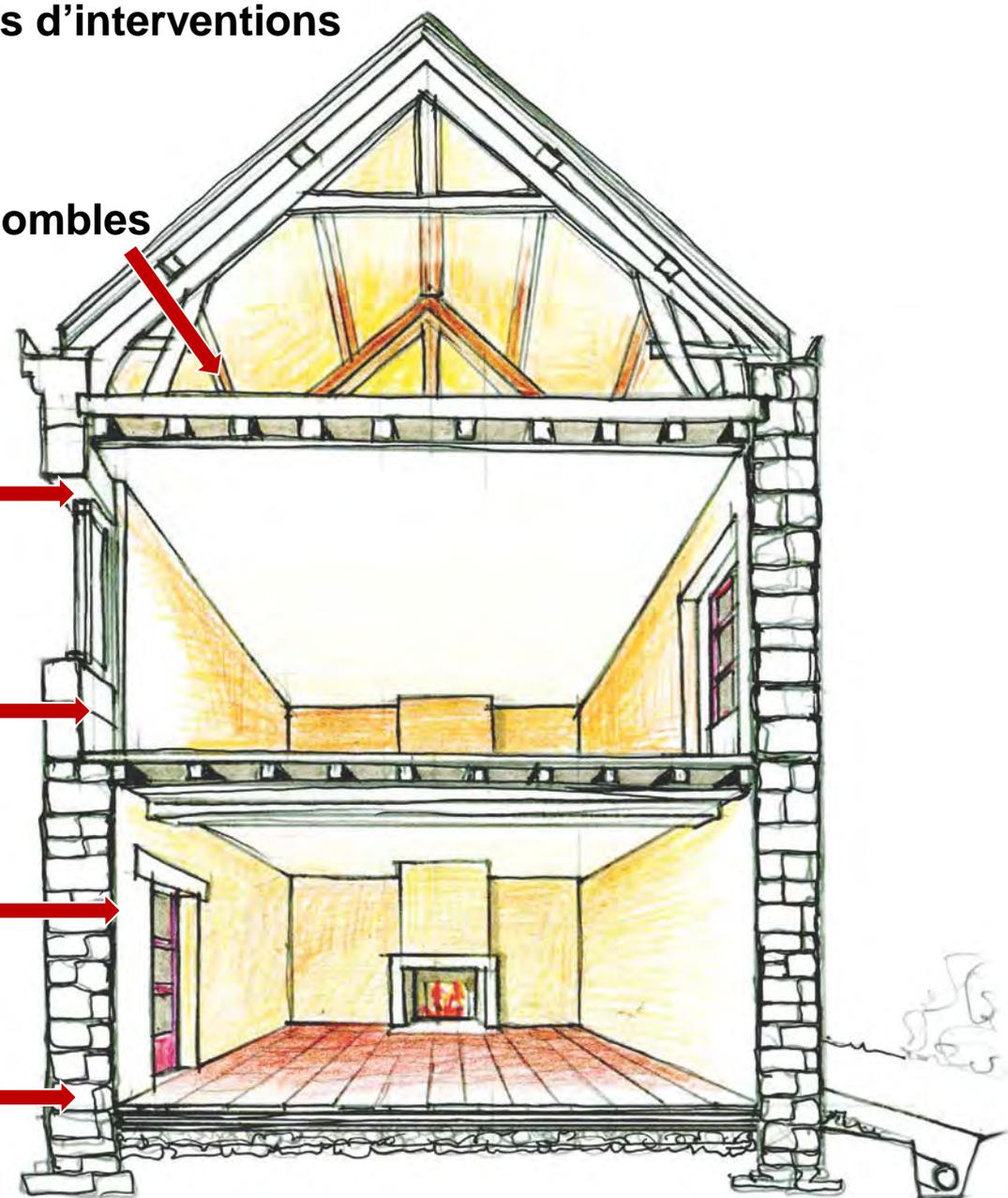
Les manques d'isolation des combles

Le manque d'étanchéité

Les allèges

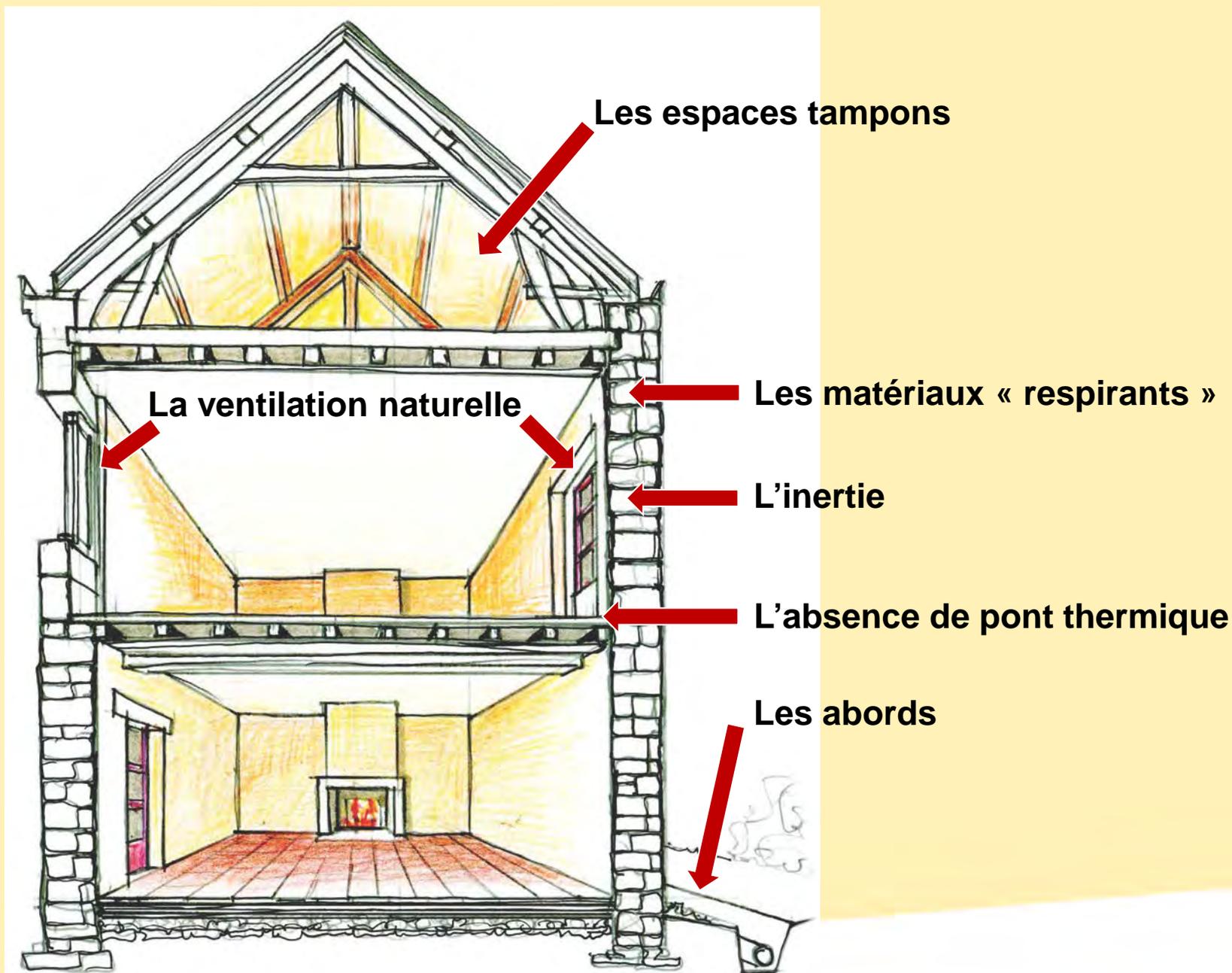
Les parois froides

Les remontées capillaires



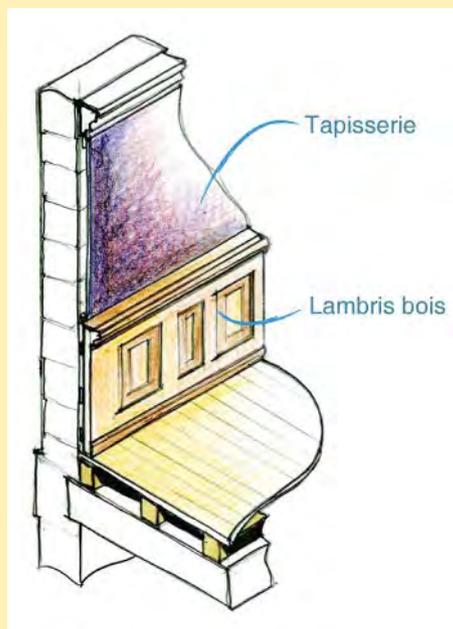


* Le comportement hygrothermique du bâtiment ancien: les +

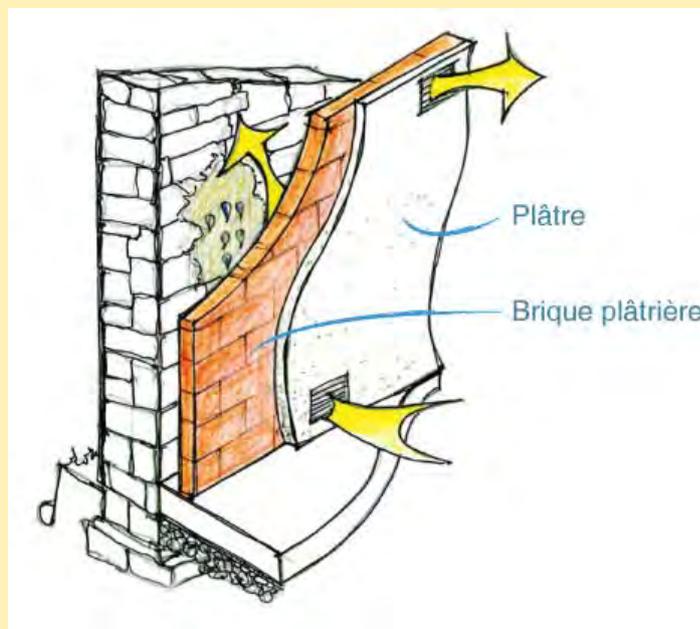




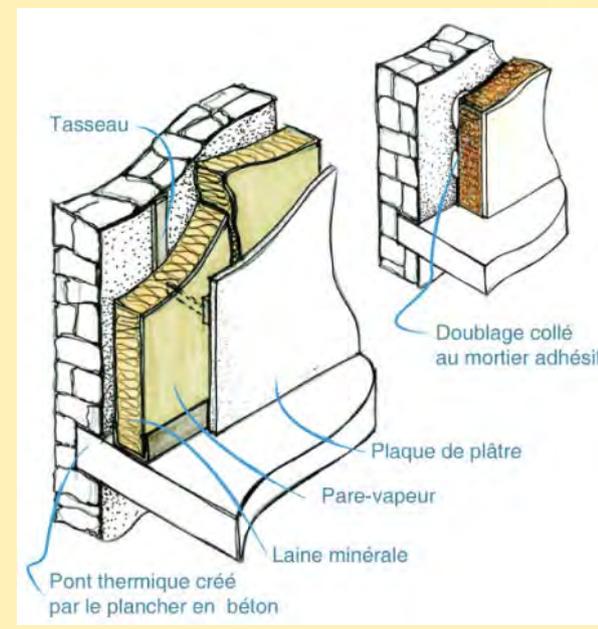
* Les anciennes techniques d'amélioration thermique



Avant le XXe siècle



Au cours du XXe siècle



A la fin du XXe siècle

THERMOGRAPHIE

*Maison rurale – Cheviré Le Rouge
Isolation chaux-chanvre*

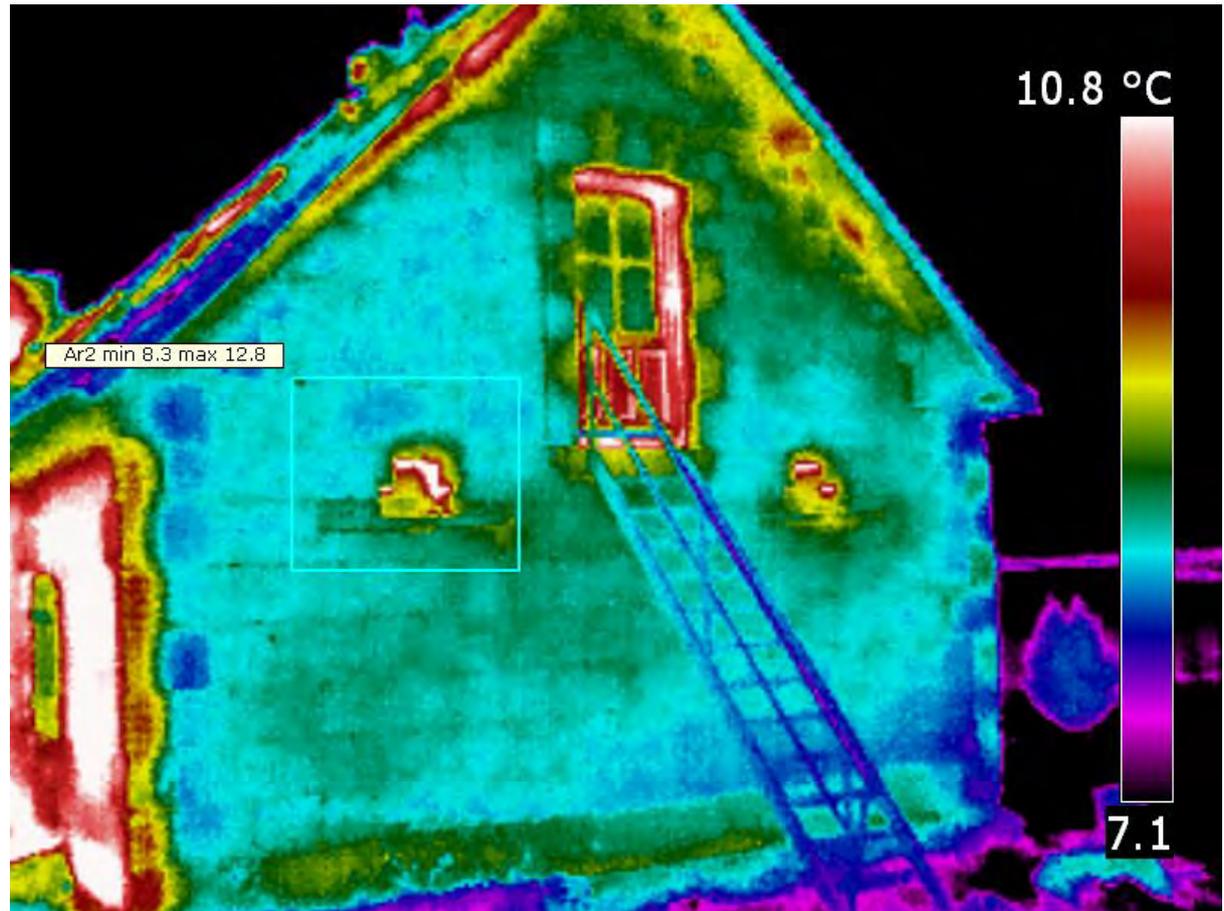
Peu d'impact de la typologie constructive sur la température de surface extérieure



THERMOGRAPHIE

*Maison rurale – Cheviré Le Rouge
Isolation chaux-chanvre*

Défaut d'isolation au droit de la traversée de poutre



THERMOGRAPHIE

*Maison rurale – Coudray-Macouard
Isolation enduit chaux-chaivre*

Déperdition linéique de la dalle accentuée par la présence d'un plancher chauffant



THERMOGRAPHIE

*Maison rurale – Coudray-Macouard
Isolation enduit chaux-chanvre*

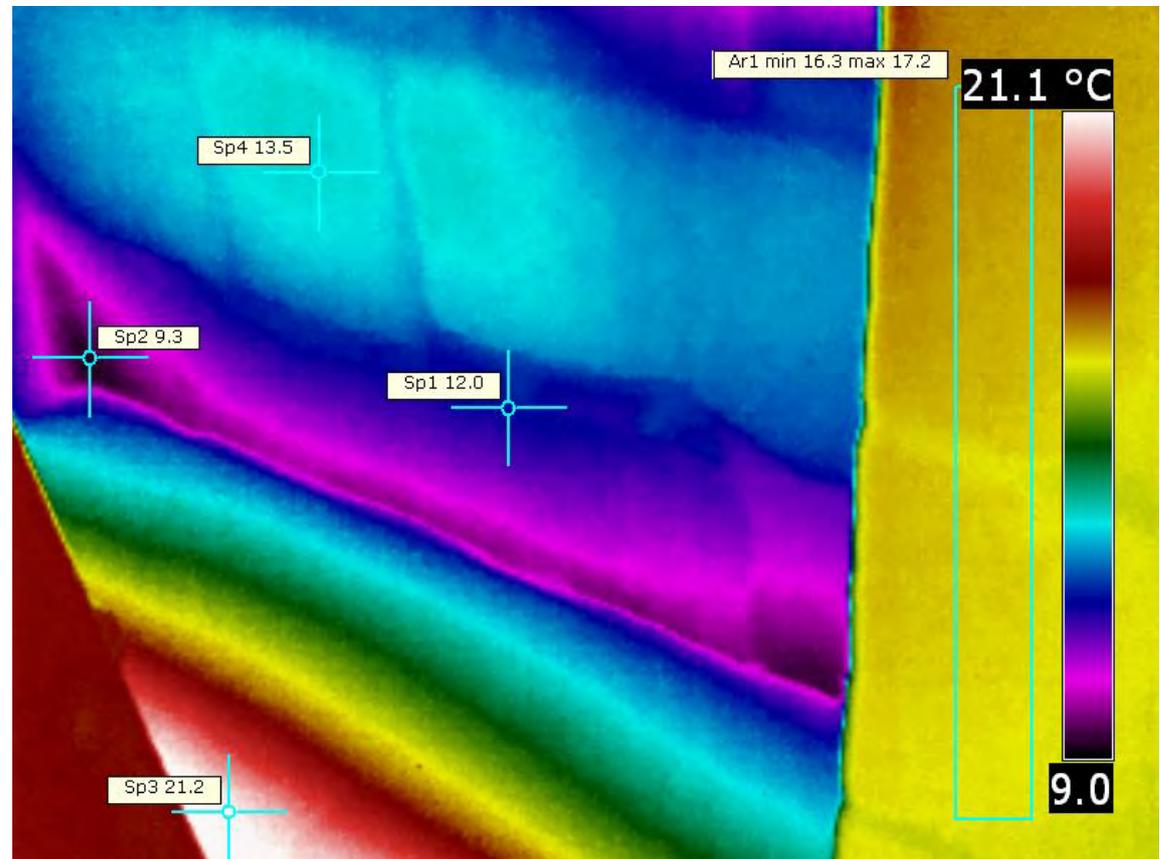
Déperditions en soubassement de fenêtre



THERMOGRAPHIE

*Maison rurale – Coudray-Macouard
Isolation enduit chaux-chaux*

Défaut d'isolation en soubassement de fenêtre

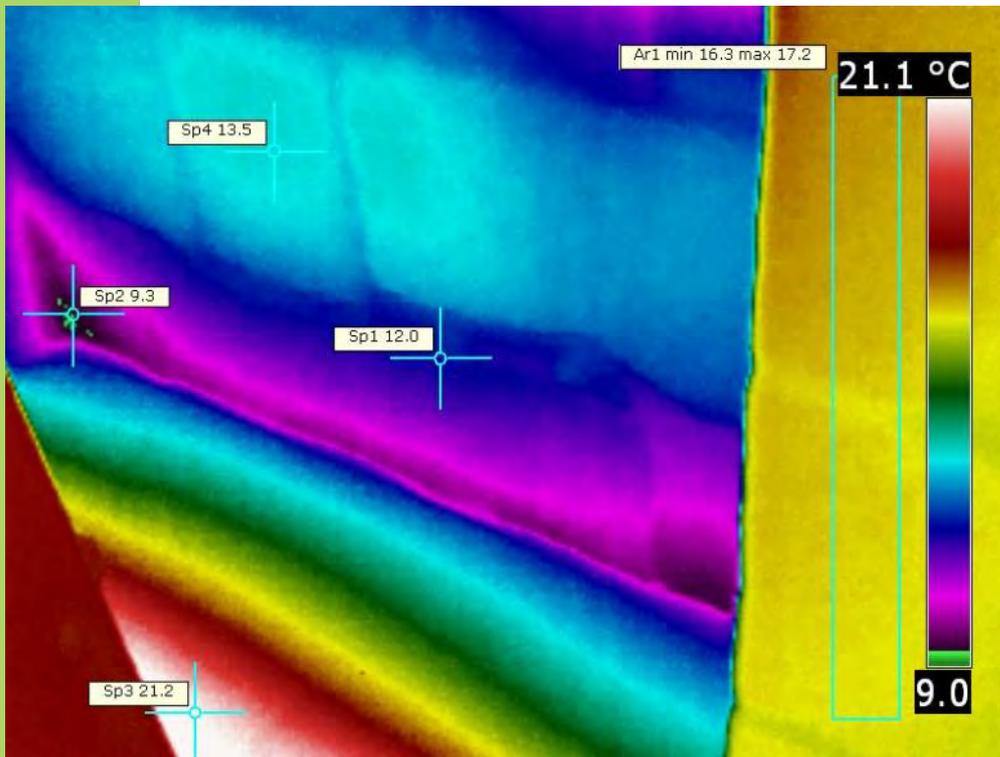


THERMOGRAPHIE

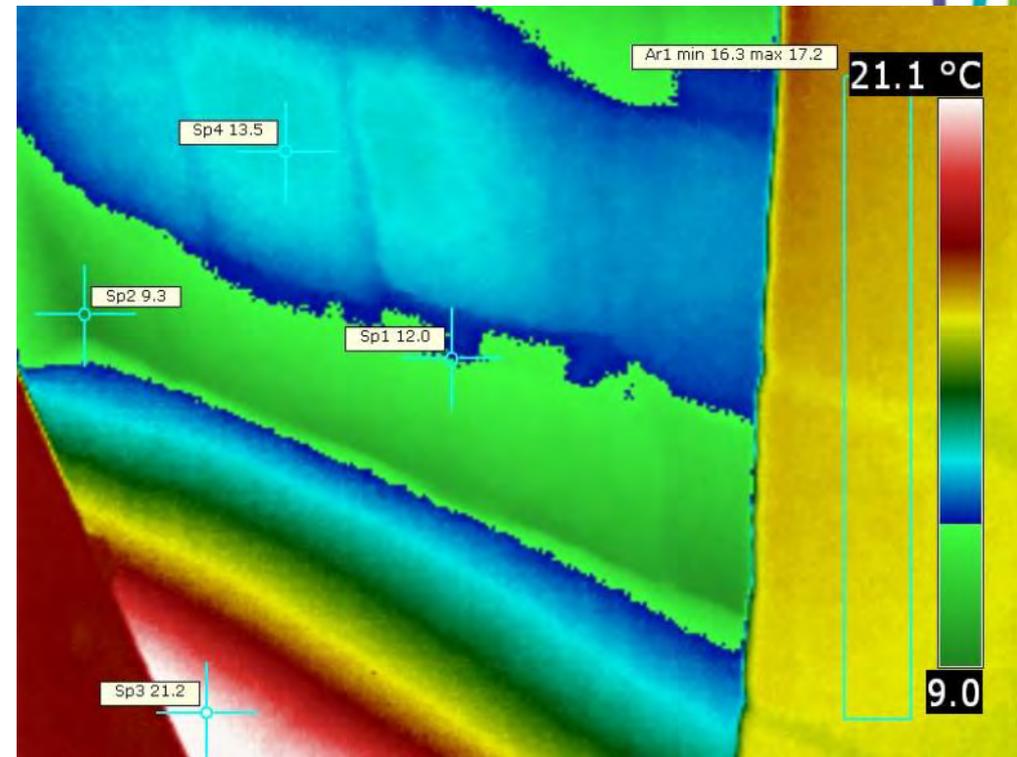
Maison rurale – Coudray-Macouard
Isolation enduit chaux-chanvre

Défaut d'isolation en soubassement de fenêtre

 En vert, zone à fort risque de point de rosée



Hr=50%, T=20° C
Risque de point de rosée faible

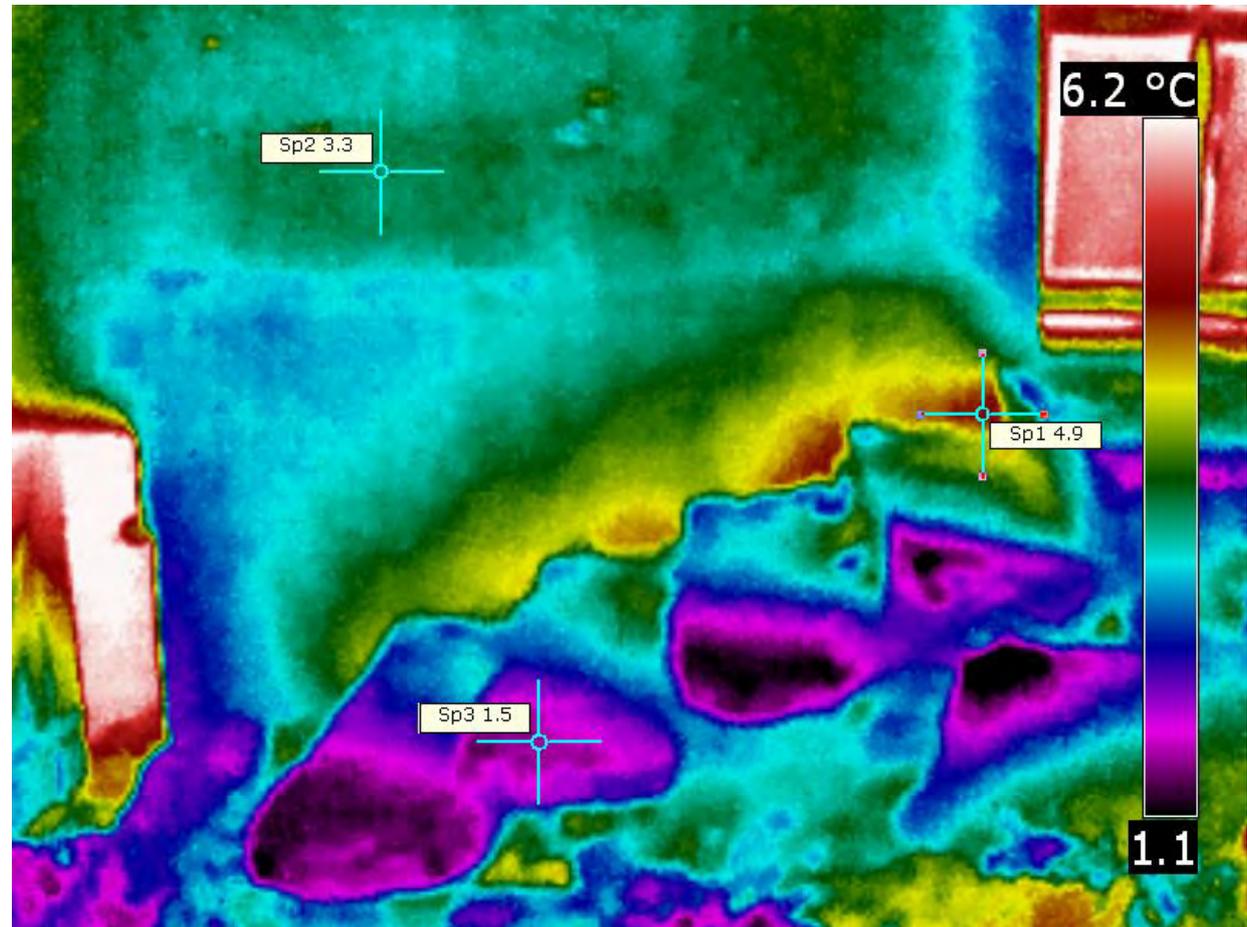


Hr=60%, T=20° C
Risque de point de rosée élevé

THERMOGRAPHIE

Maison 15^{ème} – Vivy
Absence d'isolation

Blocage de l'humidité au niveau de l'escalier



THERMOGRAPHIE

Maison 15^{ème} – Vivy
Absence d'isolation

Déperdition entre 2 parpaings non jointoyés



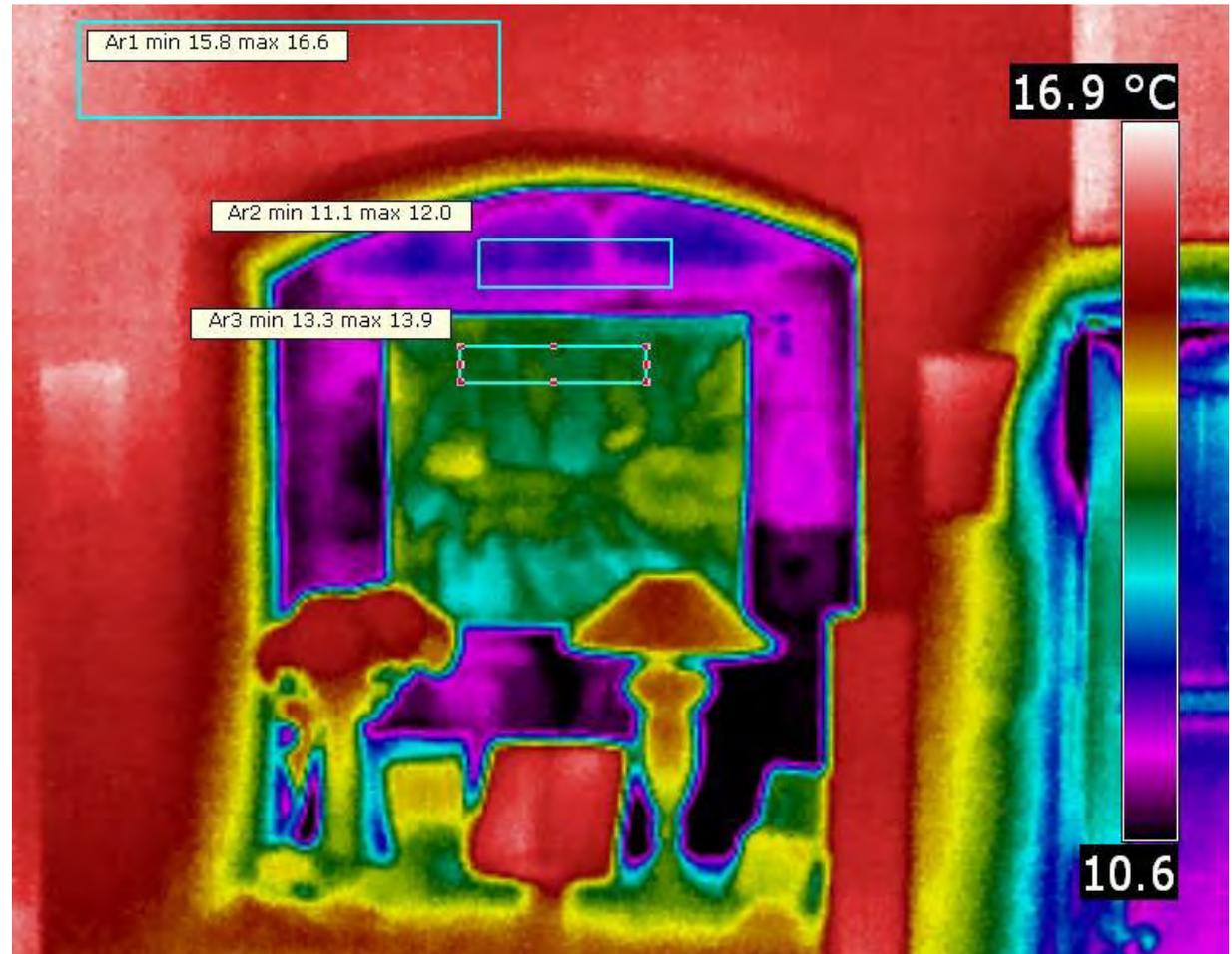
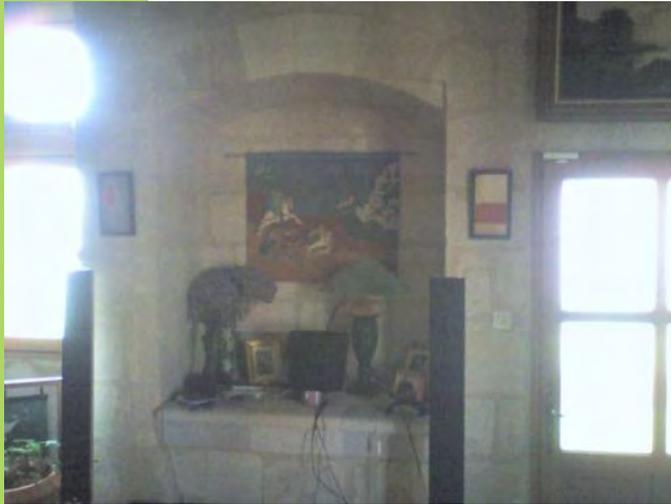
Absence de joints



THERMOGRAPHIE

*Maison 15^{ème} – Vivy
Absence d'isolation*

Affaiblissement de l'isolation du mur au niveau d'une niche – effet d'une tapisserie



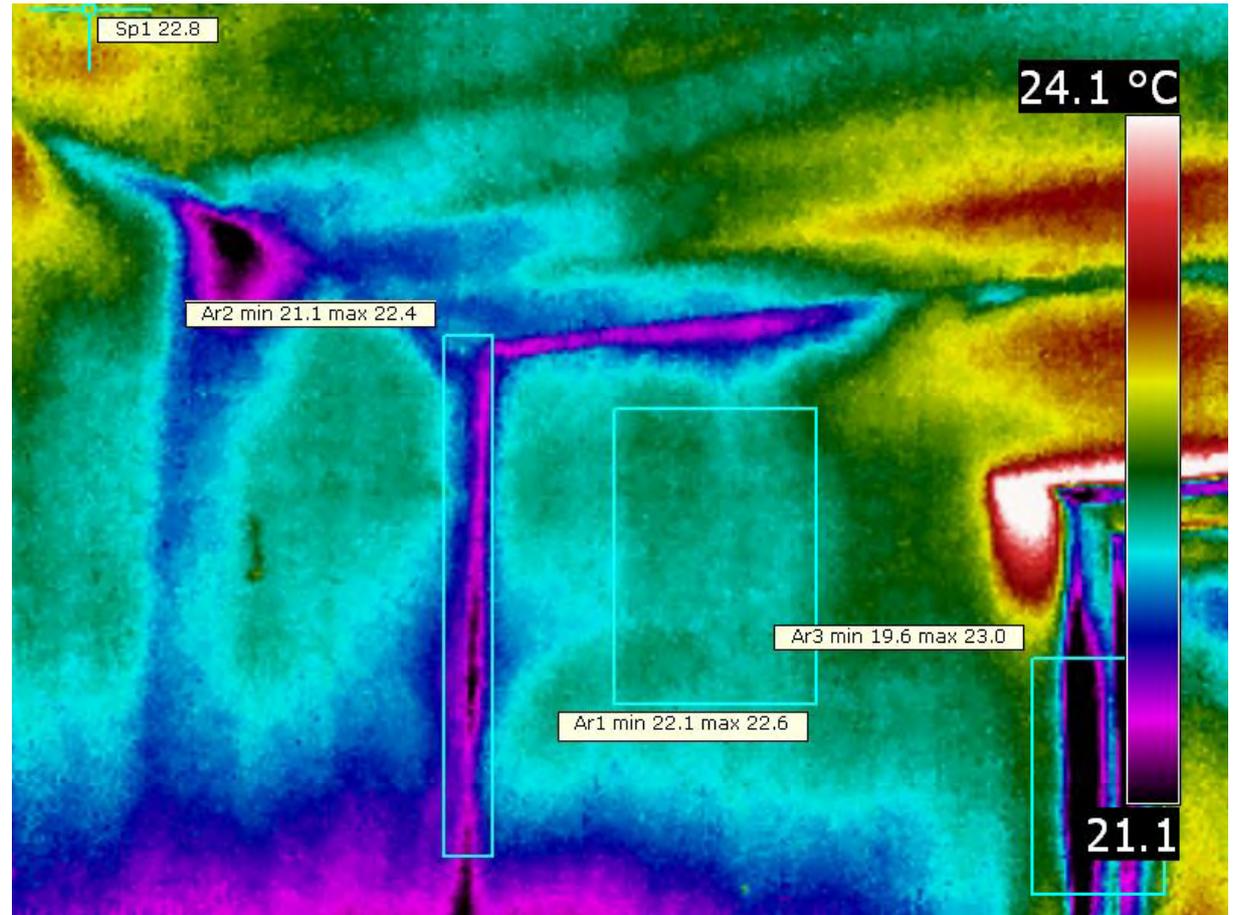
THERMOGRAPHIE

*Maison de bourg – Saint-Mathurin
Isolation laine de chanvre et bois*

Rénovation BBC en laine de chanvre et bois : un phénomène de parois froides annihilé



Température de surface > 21° C





L'amélioration thermique du bâti en tuffeau

- * Connaître le bâtiment ancien
- * Savoir diagnostiquer les désordres
- * Comprendre ses comportements thermiques et hydriques
- * Isoler les parois en tuffeau**
- * Etude de cas: présentation de 2 réalisations
- * Le référentiel technique du PNR

LES PAROIS EN TUFFEAU

VALORISER LEURS POINTS FORTS,
MAÎTRISER LEURS POINTS FAIBLES



COEFFICIENT DE CAPILLARITÉ ET D'ABSORPTION ÉLEVÉ

Plus le coefficient de capillarité $C_{//}$ et la porosité N_{48} sont élevés, plus le matériau absorbe rapidement de l'eau et en grande quantité.



Tuffeau de Touraine*

$$C_{//} = 42,7 \text{g/cm}^2 \cdot \text{mn}^{1/2}$$

$$N_{48} = 42,6\%$$



Calcaire de Saint Leu*

$$C_{//} = 6,2 \text{g/cm}^2 \cdot \text{mn}^{1/2}$$

$$N_{48} = 17,6\%$$



Pierre de Richemont*

$$C_{//} = 13,9 \text{g/cm}^2 \cdot \text{mn}^{1/2}$$

$$N_{48} = 24,6\%$$

LES PAROIS EN TUFFEAU SONT DES ÉPONGES QUI PEUVENT STOCKER ET DÉSTOCKER DES GRANDES QUANTITÉS D'EAU



UNE CAPACITÉ ISOLANTE QUI CHUTE AVEC LA TENEUR EN EAU



Identification



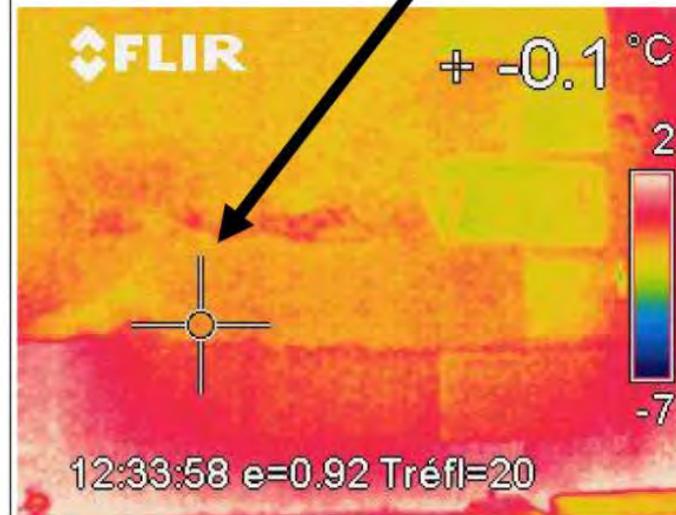
Description :

Bâtiment : Garderie
Etage : RdC
Fonction : Salle de classe
Orientation : nord-est

Heure : 12h33
Temps : froid sec, partiellement couvert

L'EAU CONDUIT : LA PERFORMANCE THERMIQUE DES PAROIS EN TUFFEAU CHUTE AVEC LA TENEUR EN EAU DU MUR

Thermogramme



Description :

Emissivité de mesure : 0,92
Précision : +/- 1°C

T° extérieure : -5°

T° intérieure : 19°

T° mini scène : 0°

T° max scène : 2°

T° spot 1 : 0°

T° spot 2 : -

T° zone 1 : -

T° zone 2 : -

SYNTHESE DES PROPRIÉTÉS DU TUFFEAU

- Les parois en tuffeau nues ont une **faible capacité isolante**
- Les parois en tuffeau nues sont des **parois « froides »**
- Les parois en tuffeau sont des **éponges**

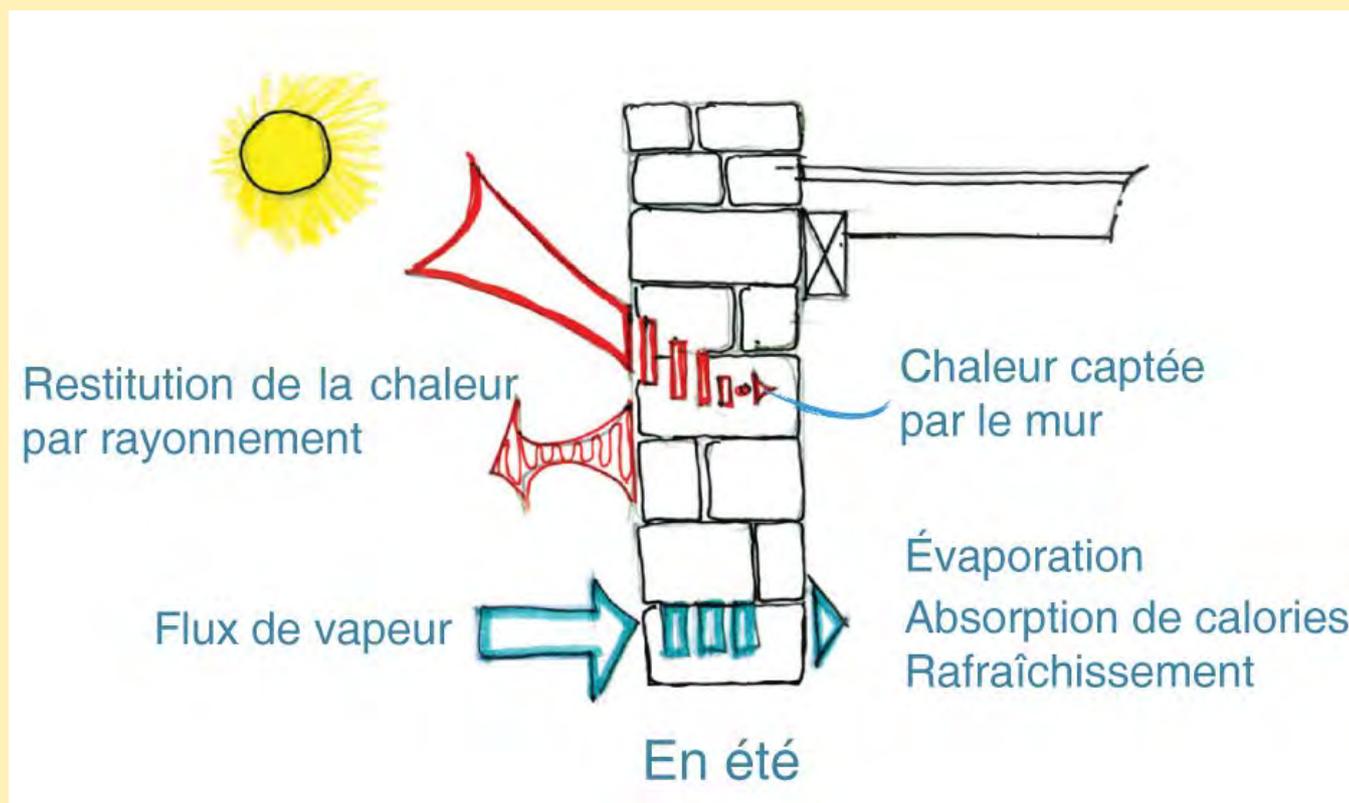
- Les parois en tuffeau **supportent mal les cycles imbibition séchage**
- La capacité isolante du tuffeau et des isolants **chute avec l'augmentation du taux d'humidité**

- Les parois en tuffeau sont une **fierté** du patrimoine bâti régional
- Les parois en tuffeau sont des **climatiseurs naturels**

QUE FAIRE ? OBJECTIF : VALORISER LES POINTS FORTS, MAÎTRISER LES POINTS FAIBLES

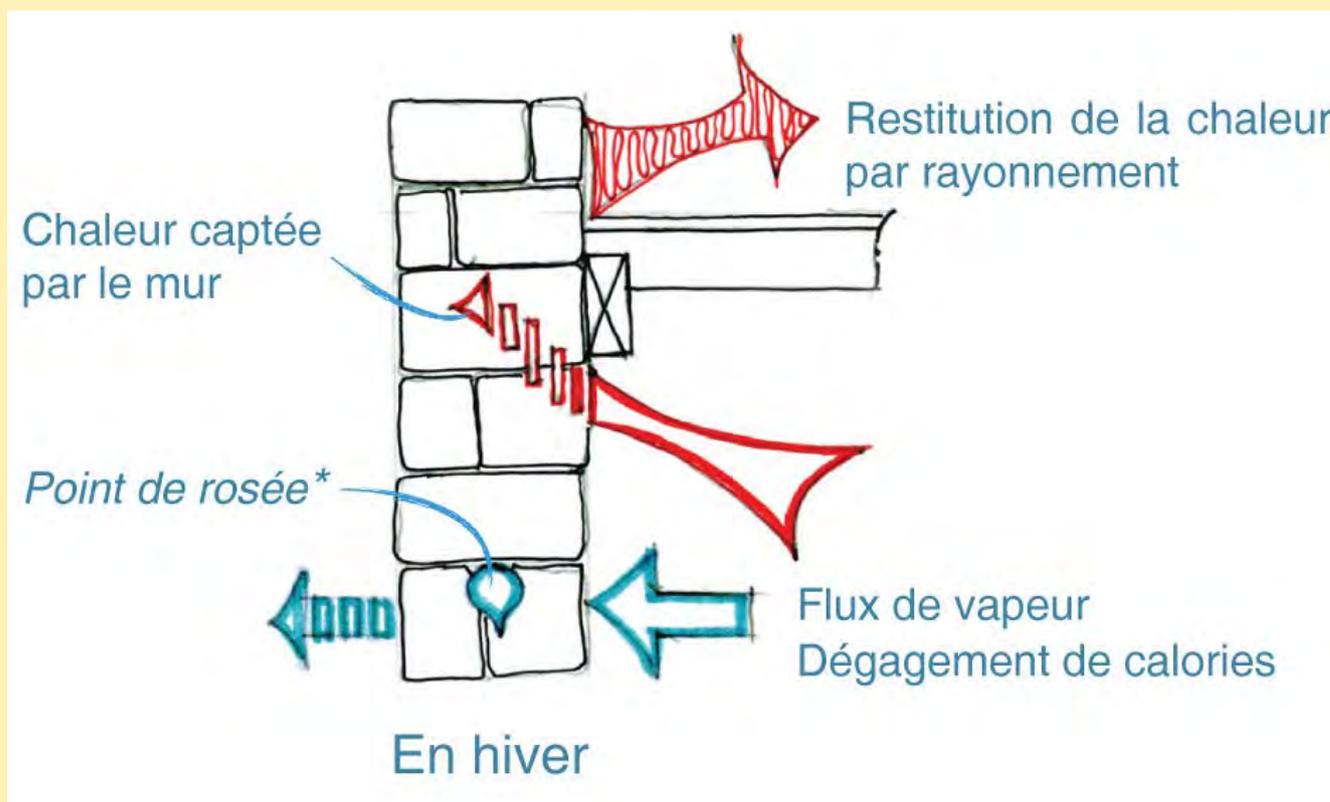


* Le comportement hygrothermique du mur ancien



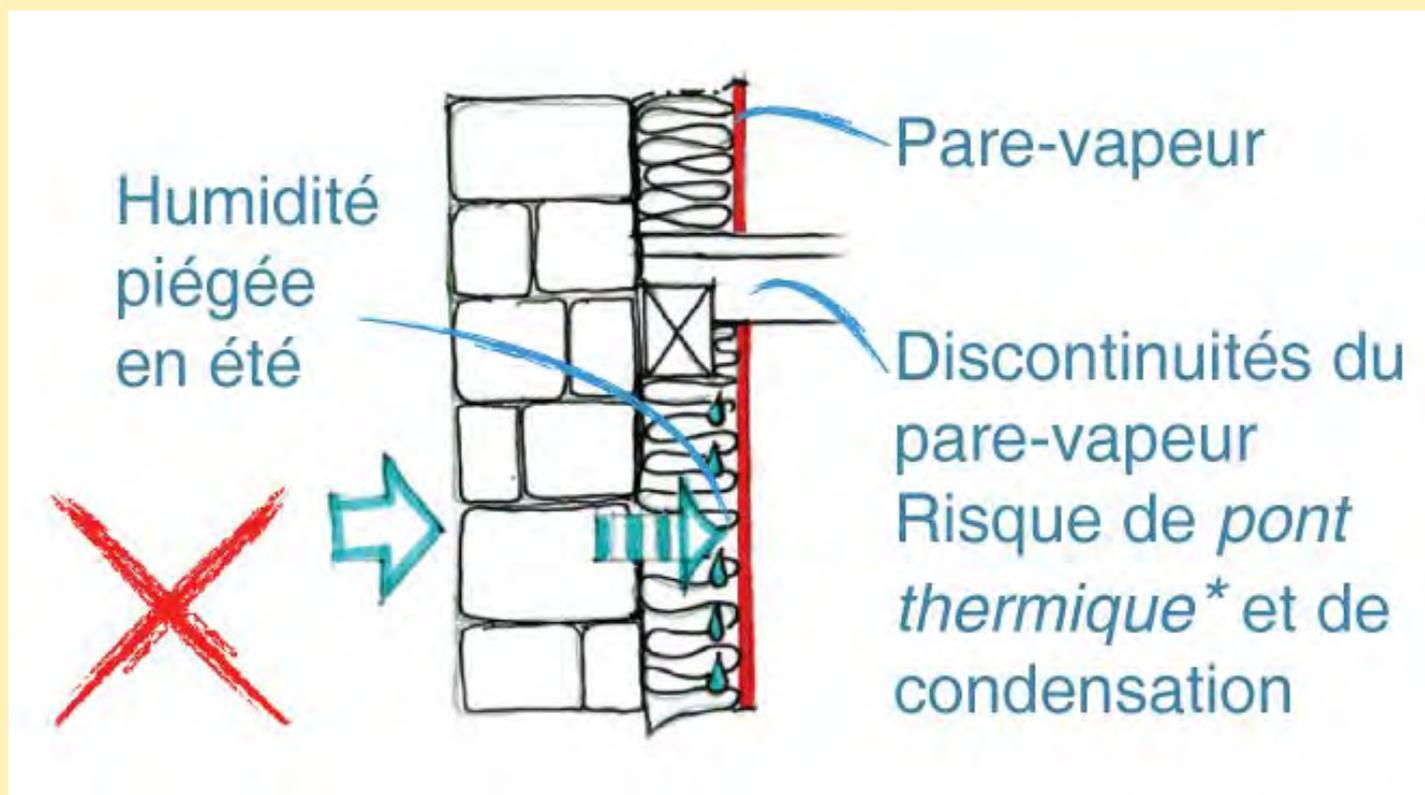


* Le comportement hygrothermique du mur ancien



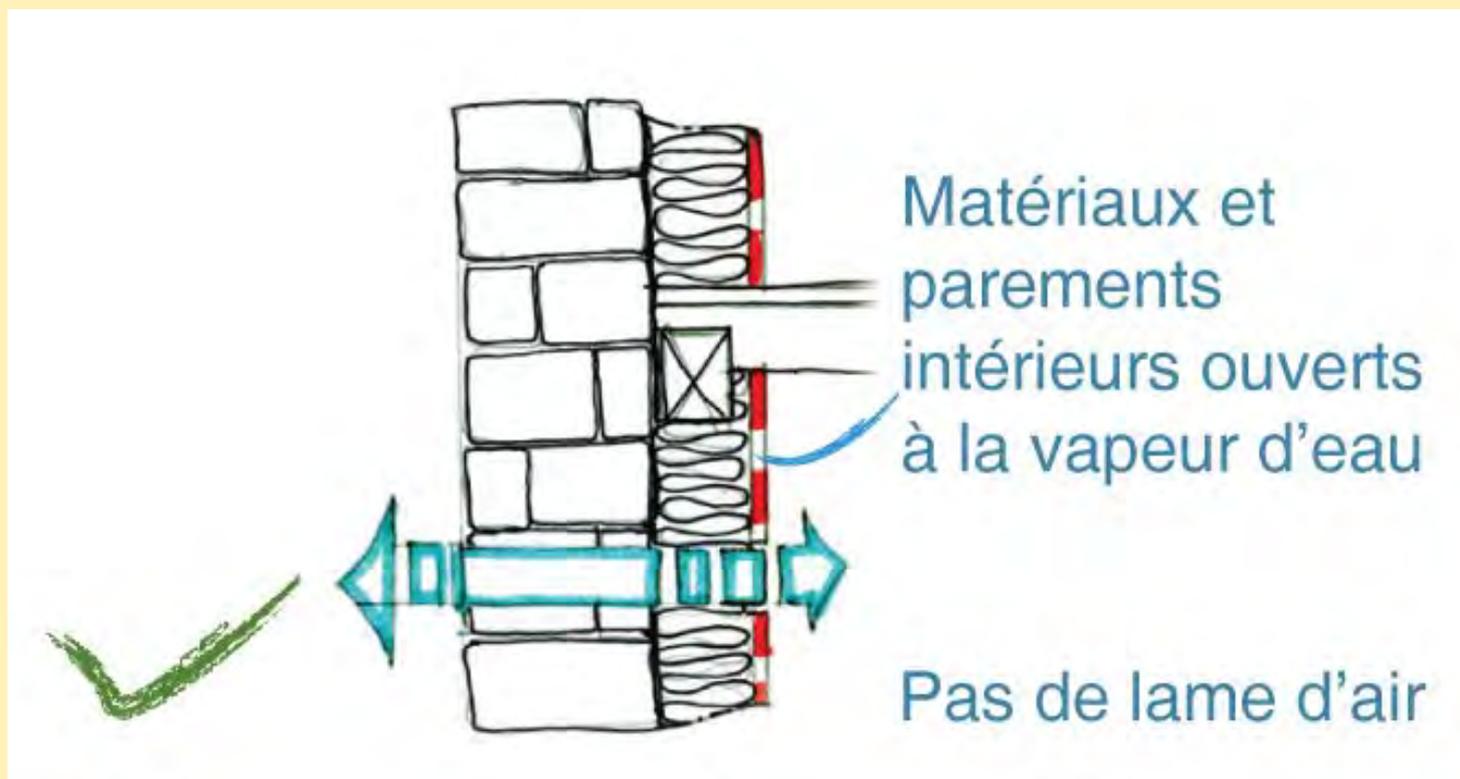


* La stratégie à éviter



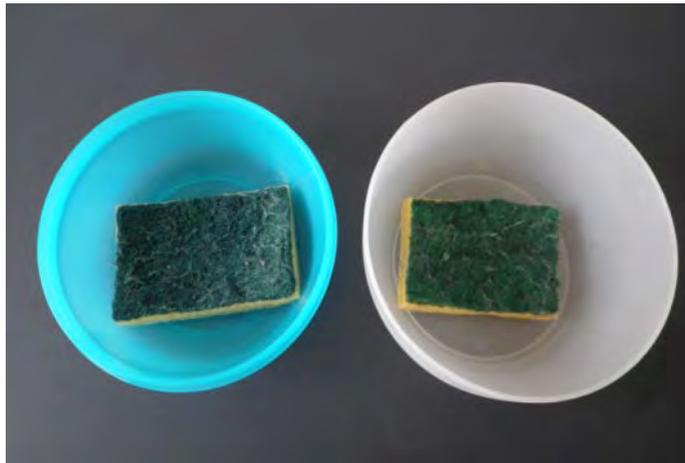


* La stratégie à retenir



PRIVILÉGIER DES SOLUTIONS ISOLANTES PERSPIRANTES

TUFFEAU = ÉPONGE



2 éponges les pieds dans l'eau



Couvercle non perspirant vs linge perspirant

Après trois semaines, l'éponge dans la boîte Tupperware® fermée avec un couvercle non perspirant est toujours humide. L'autre éponge recouverte d'un linge laissant passer la vapeur d'eau est sèche.

LES SOLUTIONS D'ISOLATION UTILISÉES DOIVENT PERMETTRE DE LAISSER LA VAPEUR D'EAU TRANSITER DANS LA PAROI : ON PARLE DE COMPLEXES PERSPIRANTS

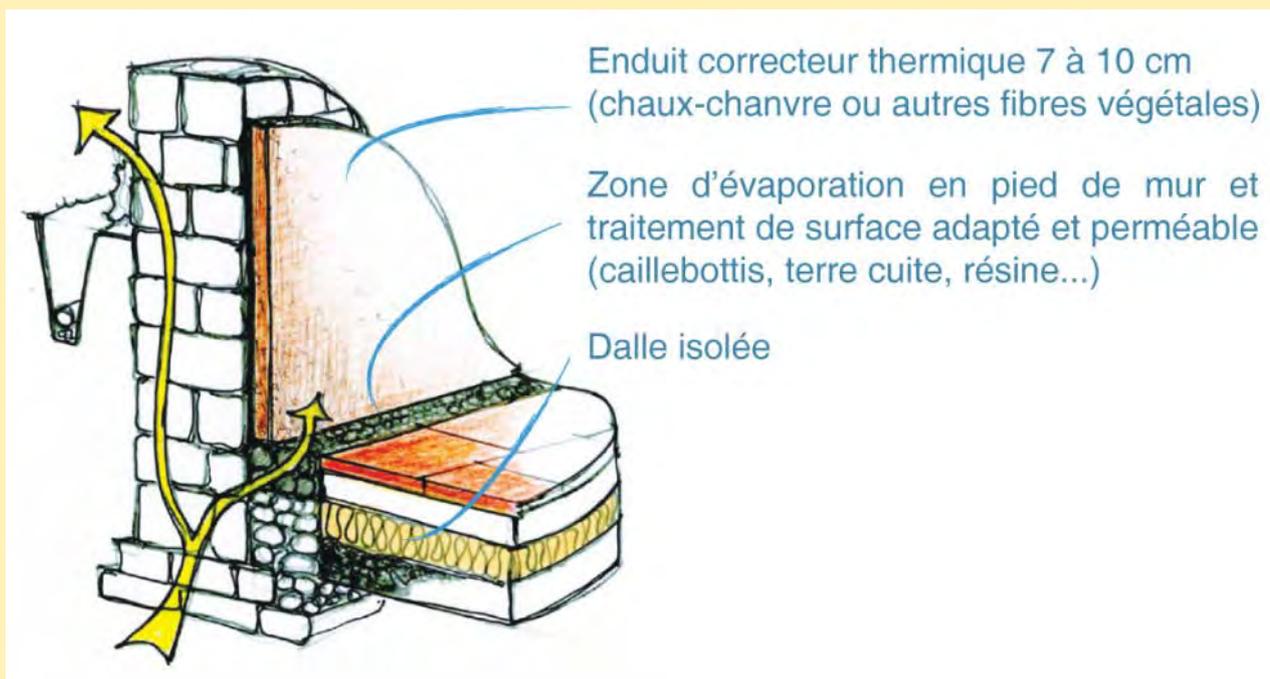
QUELQUES BONNES PRATIQUES POUR LES PAROIS EN TUFFEAU (1/3)

- Limiter les pénétrations d'eau dans le tuffeau
 - Assurer la bonne évacuation des eaux pluviales par l'entretien des toitures et chéneaux, conservation des corniches et bandeaux
 - Drainer les pieds de murs
 - Combattre les remontées capillaires en privilégiant
 - les dalles perspirantes à base de chaux
 - les terrasses en bois ou en graviers
 - En cas de recours à des freins vapeurs, bien les mettre en œuvre
- **Ventiler les bâtiments**

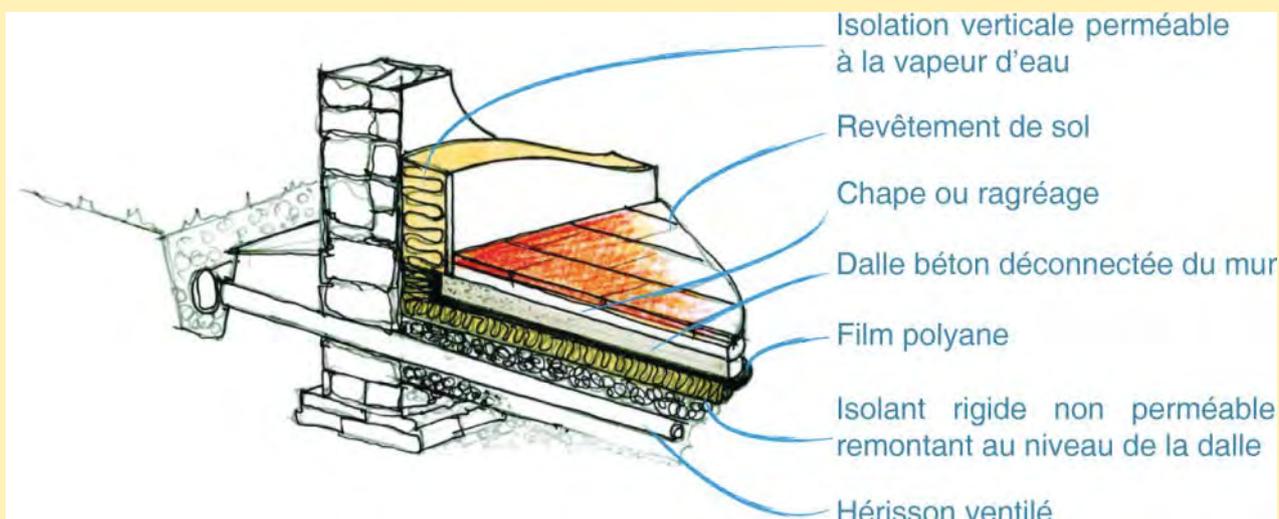




* La stratégie à retenir : les sols



**Mur semi-enterré ou avec
fortes remontées capillaires**



**Plancher sur terre plein &
hérisson ventilé**

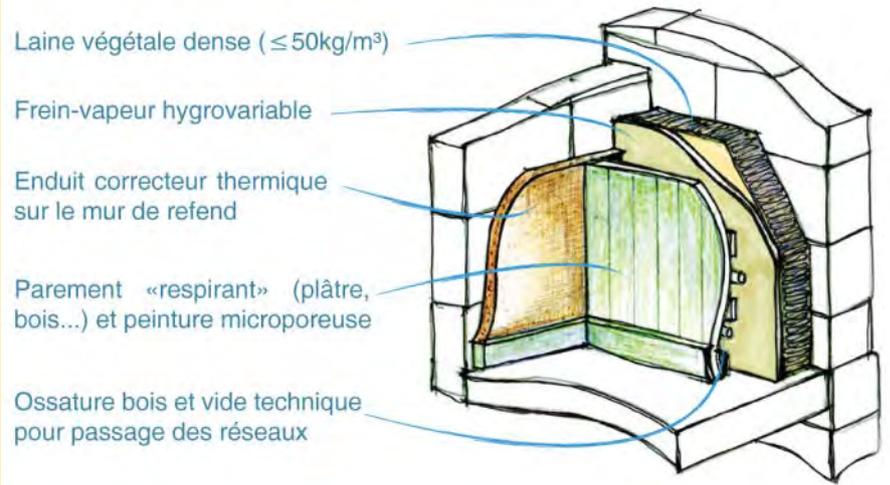
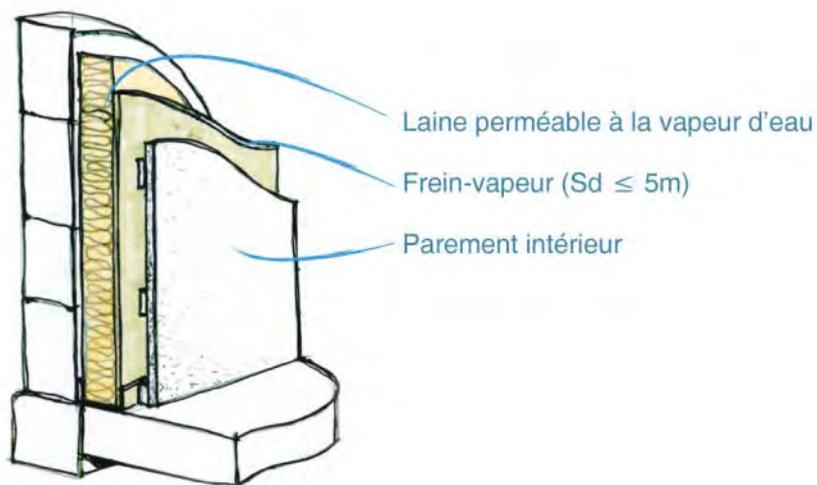
QUELQUES BONNES PRATIQUES POUR LES PAROIS EN TUFFEAU (2/3)

- Isoler **les parois donnant sur l'extérieur** en veillant à laisser **perspirer** le mur en tuffeau via le recours à
 - des isolants perspirants (proscrire polystyrène, isolants minces, ...) + freins vapeurs à Sd variable ?
 - des complexes perspirants présentant une continuité capillaire (béton ou brique de chanvre, béton cellulaire, ...)
 - des revêtements très perspirants (proscrire faïence, peinture non perméable, enduit ciment)
- Utiliser **les murs de refends** comme des régulateurs d'humidité et des climatiseurs naturels tout en barrant les phénomènes de parois froides via des **correcteurs thermiques** type
 - enduit chaux-chanvre
 - enduit terre-paille



* La stratégie à retenir : les murs

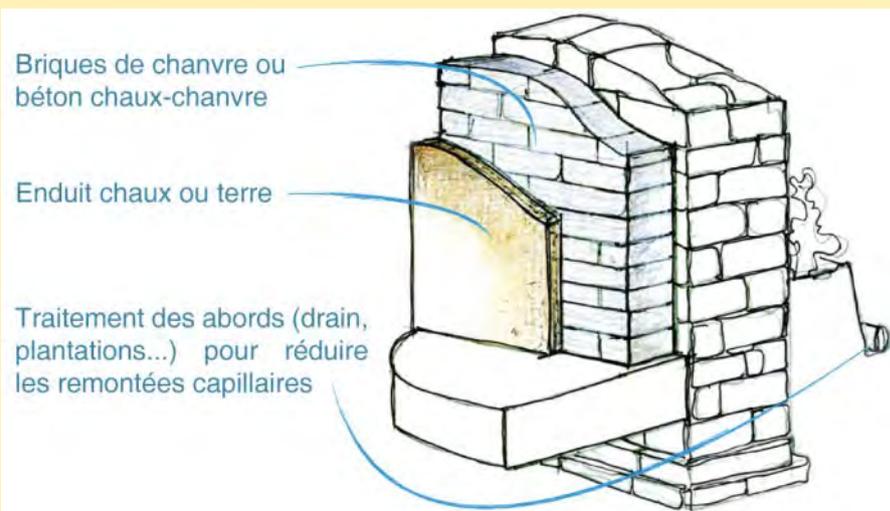
Isolation d'un mur sec, sans remontées capillaires



	Laine minérale épaisseur : 12 cm	Laine végétale 12 cm	15 cm	Brique de chanvre Enduit chaux-chanvre
Exigences ANAH & Crédit d'impôt. ($R^* \geq 3,7$)	✓	✗	✓	✗
Comportement à l'humidité.	✗	✓	⚠*	✓

* Les professionnels du bâti ancien s'accordent pour limiter l'épaisseur de l'isolant entre 10 et 12 cm pour les laines. Au delà, un *point de rosée** (situation dans laquelle la vapeur d'eau se condense en gouttelettes) risque de se former dans l'isolant et de générer des désordres.

Tableau des isolants



Isolation d'un mur avec remontées capillaires

QUELQUES BONNES PRATIQUES POUR LES PAROIS EN TUFFEAU (3/3)

- Si la source d'humidité n'est pas identifiée ou si elle ne peut être résolue
 - Recourir à la technique de « la boîte dans la boîte » & la création d'une lame d'air ventilée par l'extérieur
 - Prudence : ne jamais isoler un tuffeau gorgé d'eau...

LES AFFIRMATIONS PRÉSENTÉES ICI DOIVENT ENCORE ÊTRE ÉVALUÉES CAR LE TUFFEAU EST UN MATÉRIAU SINGULIER ET FRAGILE AU COMPORTEMENT HYGROTHERMIQUE ET CHIMIQUE PARTICULIER.

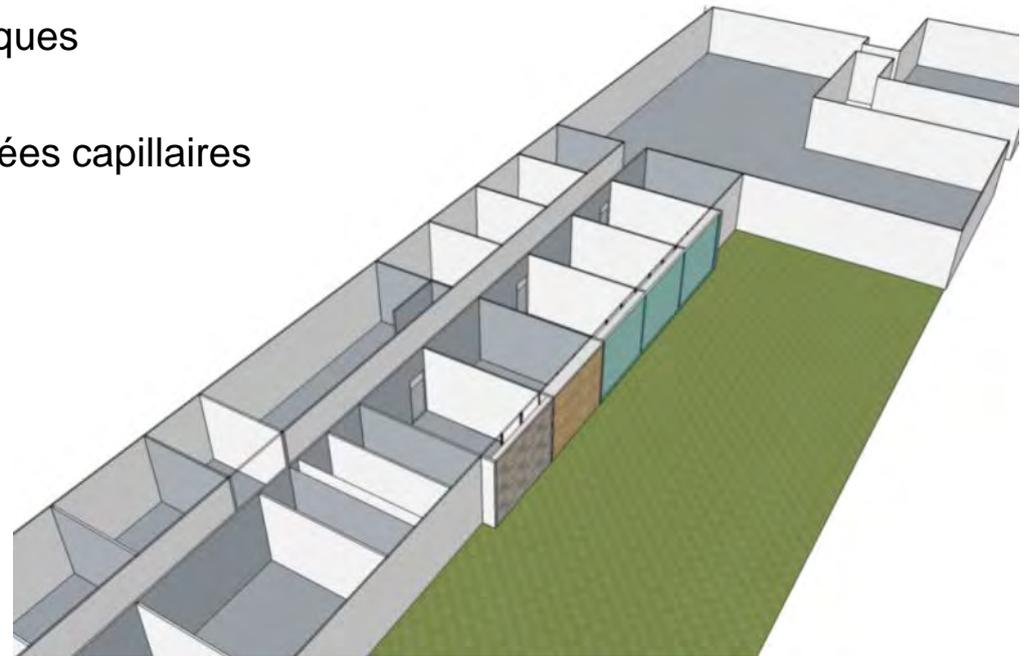
CONSTRUCTION DE LA PLATEFORME TUFFEAU

■ Les cellules

- 2 typologies de mur en tuffeau : moellons (50 cm) et pierres de taille (22 cm)
- Un mur de refend dans chaque cellule
- Des parois adiabatiques et imperméables à la vapeur d'eau

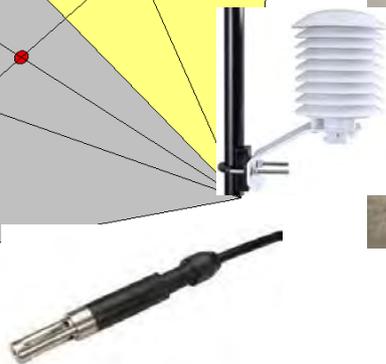
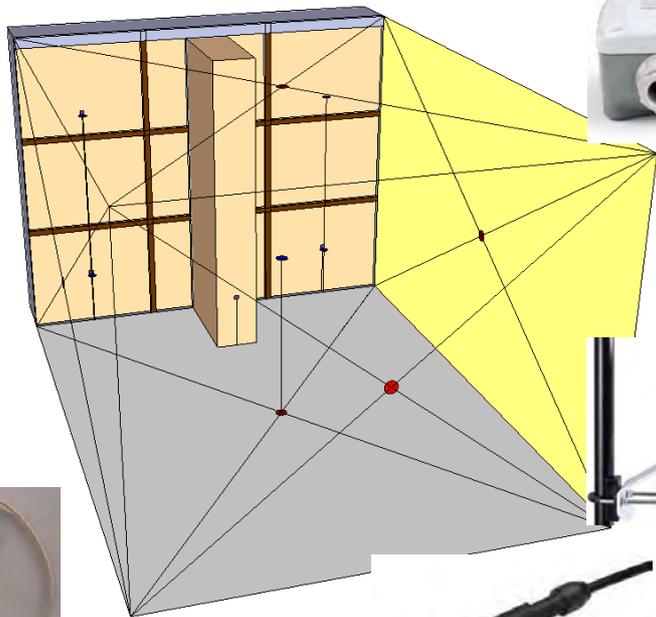
■ Les équipements

- Chauffage par convecteurs électriques
- Ventilation simple flux
- Système de génération de remontées capillaires



Près de 50 points de mesure dans
chaque cellule

CONSTRUCTION DE LA PLATEFORME TUFFEAU



L'amélioration thermique du bâti en tuffeau

- * Connaître le bâtiment ancien
- * Savoir diagnostiquer les désordres
- * Comprendre ses comportements thermiques et hydriques
- * Isoler les parois en tuffeau
- * Etude de cas: présentation de 2 réalisations
- * Le référentiel technique du PNR





Etude de cas: présentation de 2 réhabilitations

- I. Une maison de maître, XIXe siècle
- II. Une ancienne grange, XVIIIe siècle

Démarches, réalisation des travaux et retour d'expérience.

Réhabiliter une maison de maître

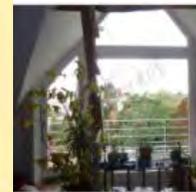


Réhabiliter une maison de maître

Travaux réalisés

- Traitement des pathologies : Retrait de la fibre de verre et réalisation d'une isolation « perspirante ».
- 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 4/16/4.
- Aménagements intérieurs : isolation des sols, murs et plafonds, réagencement des pièces...
- Chauffage: poêle à bois et panneaux solaires thermiques.

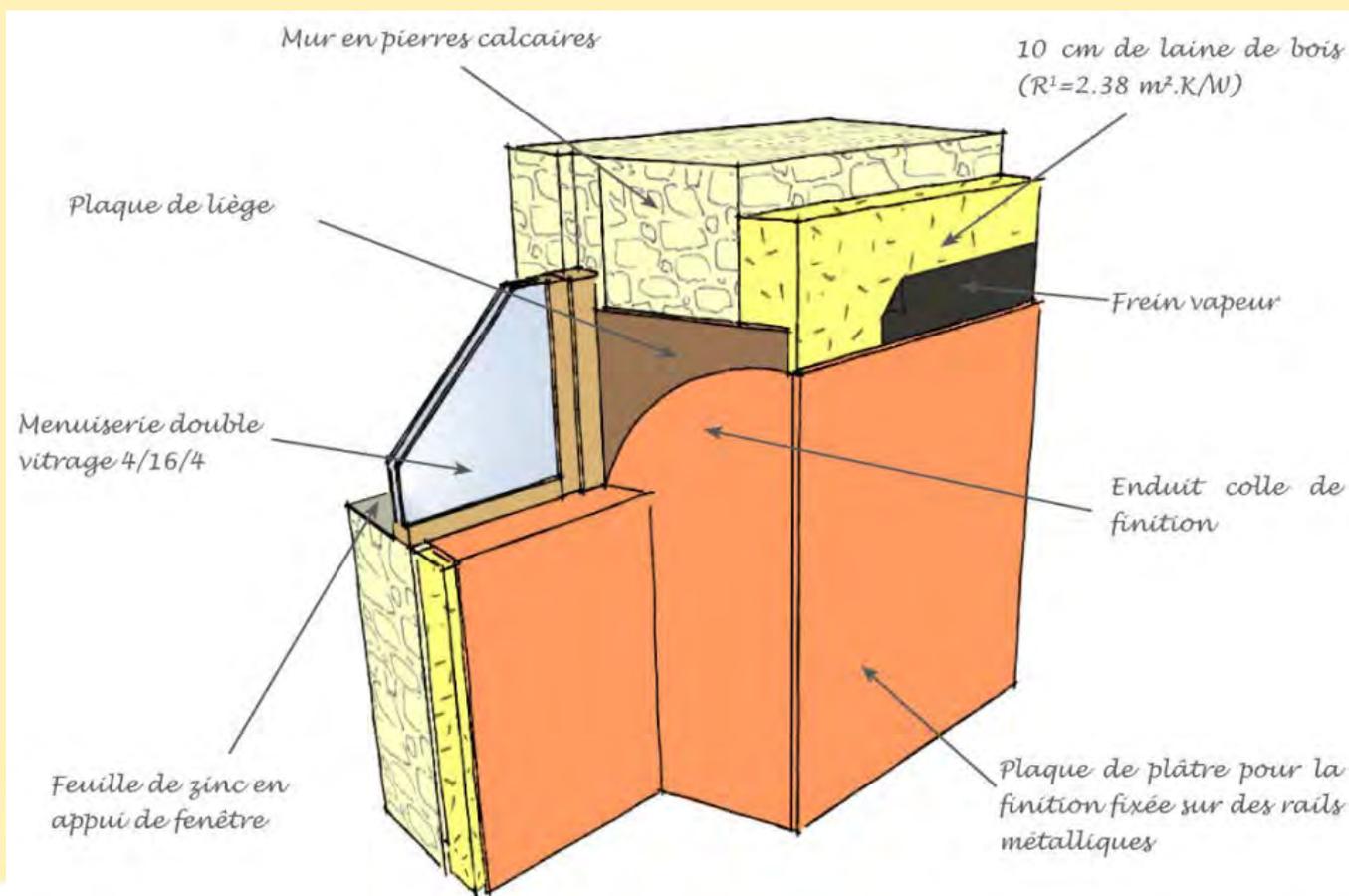




Réhabiliter une maison de maître

Isolation « perspirante » des murs

- 10 cm de laine de bois posée directement sur le tuffeau.
- Un frein vapeur permet de réguler les transferts d'humidité et d'assurer l'étanchéité à l'air.
- Ebrasements isolés par des panneaux de liège pour limiter les ponts thermiques.

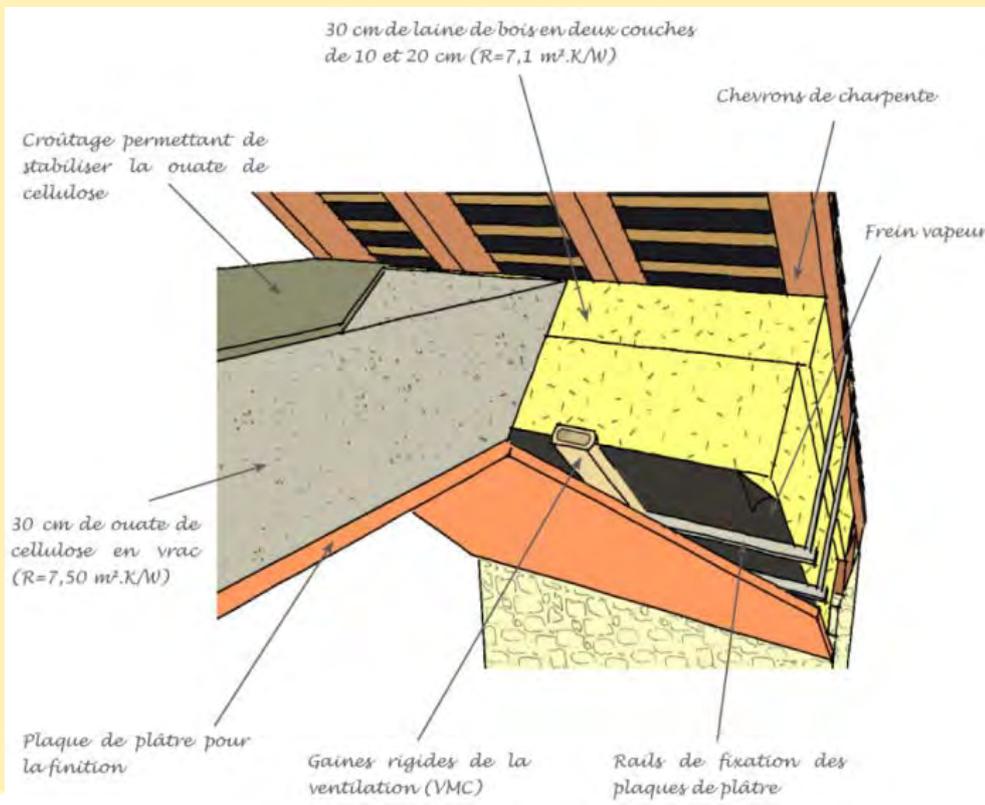




Réhabiliter une maison de maître

Isolation des rampants et des combles

- INDISPENSABLE: Traitement de la charpente au sel de bore.
- 30 cm de laine de bois posée en deux couches croisées.
- Gaines de ventilation double-flux entre le frein vapeur et la plaque de plâtre.
- En comble, 30 cm de ouate de cellulose en vrac.

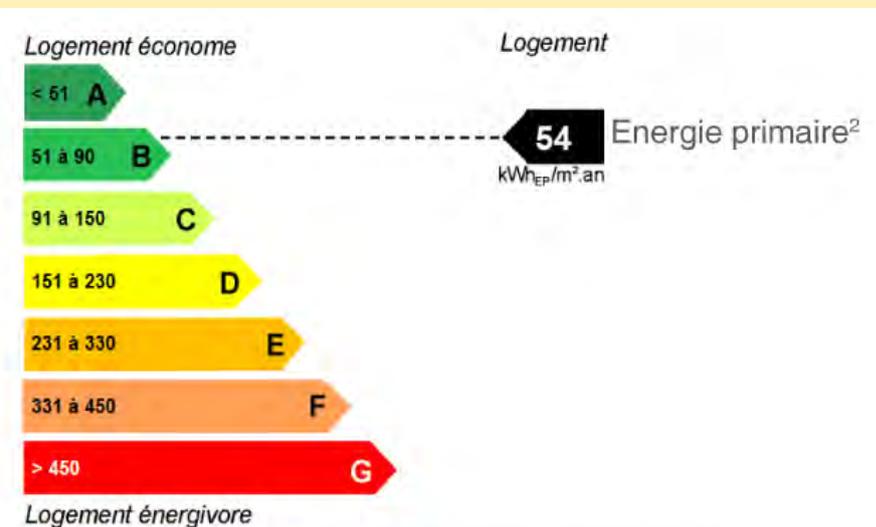




Réhabiliter une maison de maître

Maîtrise de l'énergie / énergies renouvelables

- Consommation estimée pour le chauffage et l'ECS: 54 kWh/m²/an.
- Besoins en chauffage couverts par un poêle à bûche de 16 kW avec rendement de 78 %.
- 2 sèche-serviettes soit 2 kW dans la salle de bain.
- ECS: 6 m² de capteurs solaires sur la dépendance connectés à un ballon de 300 L.
- Ventilation double-flux.



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





Réhabiliter une maison de maître

Retour d'expérience

- Coût d'environ 600 €/m² de surface habitable (honoraires maîtrise d'œuvre compris)
- 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 m³).
- Bon confort thermique tout au long de l'année, quelques surchauffes les jours de canicule à l'étage à cause de la grande lucarne.
- Le poêle ne chauffe pas bien la pièce opposée au RdC.
- Ventilation double-flux.





Réhabiliter une ancienne grange

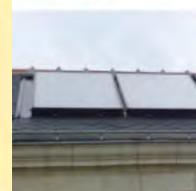


Réhabiliter une ancienne grange

Travaux réalisés

- Traitement des pathologies : limiter les remontées capillaires en bas de mur, par un drain installé tout autour de la maison à 30 ou 40 cm de profondeur.
- Maçonnerie : murs rejointoyés à la chaux. A l'intérieur, Un enduit isolant en chaux-chanvre 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.
- PAC aérothermie.

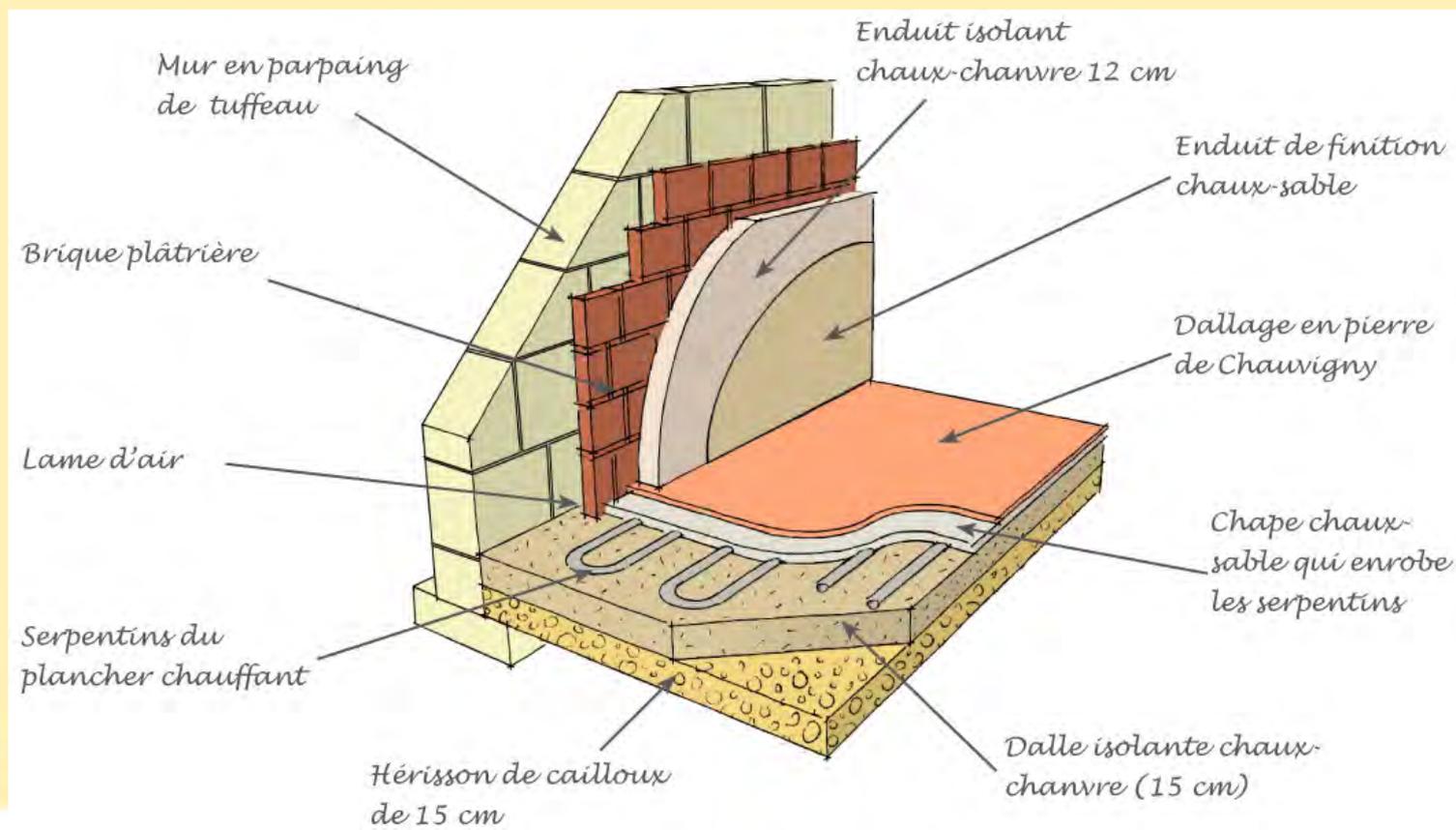




Réhabiliter une ancienne grange

Isolation des murs

- Mur Est: Doublage par une cloison en brique plâtrière, enduite avec 12 cm de chaux-chaivre, et 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 chaux-chaivre concilie la fraîcheur d'été du bâtiment ancien avec une meilleure performance thermique d'hiver.

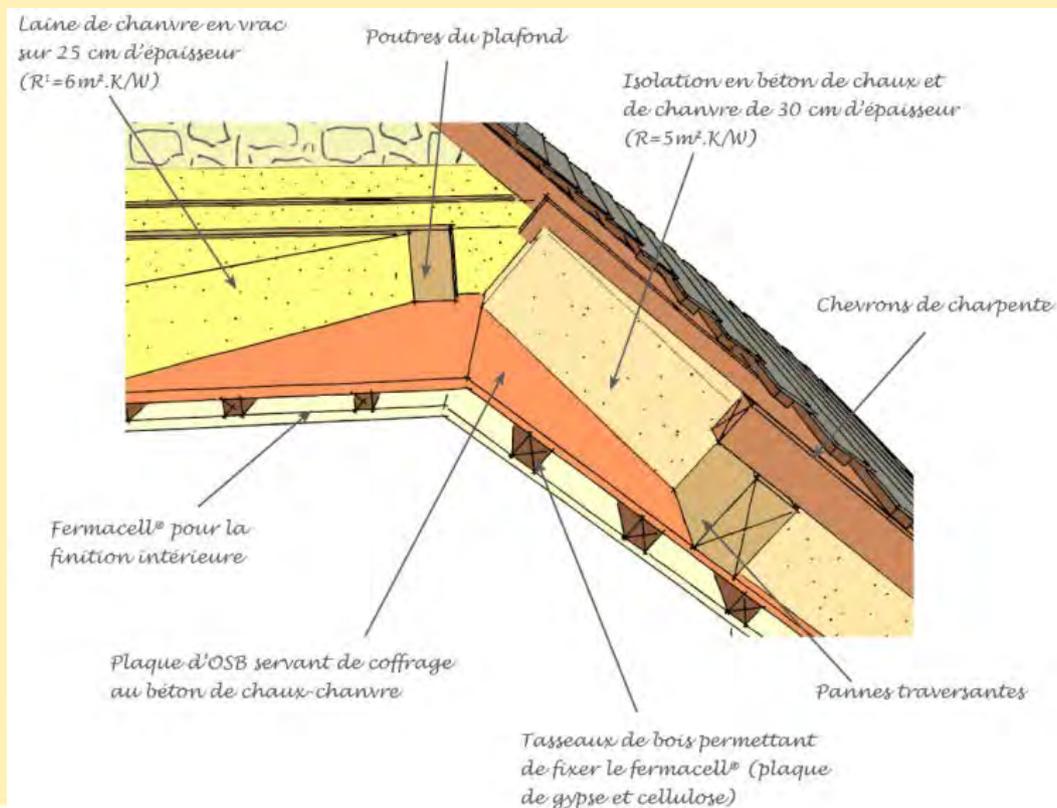




Réhabiliter une ancienne grange

Isolation des rampants et des combles

- Charpente entièrement neuve: pannes traversantes en lamellé collé.
- Rampant isolé avec 30 cm de béton de chaux-chanvre posé par l'extérieur.
- En comble, 25 cm de laine de chanvre en vrac.
- Finition par des plaques de gypse-cellulose.

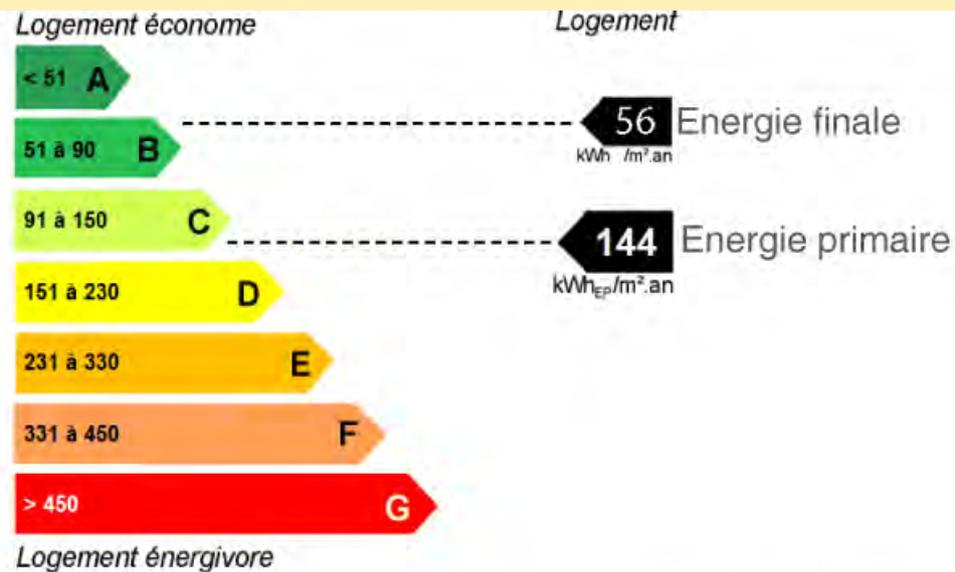




Réhabiliter une ancienne grange

Maîtrise de l'énergie / énergies renouvelables

- Consommation relevée pour le chauffage et l'ECS: 56 kWh/m²/an en énergie finale.
- PAC aérothermique avec COP de 3,8 pour le plancher chauffant du RdC
- Chauffage électrique à l'étage
- ECS: 4/5 m² de capteurs assurant 60 % des besoins en eau chaude sanitaire.
- Ventilation simple flux Hygro A.



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



Réhabiliter une ancienne grange

Retour d'expérience

- Coût difficile à évaluer: beaucoup de travaux réalisés par le propriétaire.
- Pas de difficulté à chauffer l'hiver, mais emploi modéré du chauffage.
- Il fait très frais en été, jamais de surchauffe.
- A NOTER: les consommations énergétiques sont toujours plus élevées la première année après une telle rénovation car il faut du temps pour évacuer l'humidité contenue dans les murs.



L'amélioration thermique du bâti en tuffeau

- * Connaître le bâtiment ancien
- * Savoir diagnostiquer les désordres
- * Comprendre ses comportements thermiques et hydriques
- * Isoler les parois en tuffeau
- * Etude de cas: présentation de 2 réalisations
- * **Le référentiel technique du PNR**



Edition d'un référentiel technique sur la réhabilitation thermique du bâti en tuffeau

12 fiches pratiques selon les typologies, pour connaître,
savoir diagnostiquer et intervenir.

Téléchargeables sur le site du Parc naturel régional
<http://www.parc-loire-anjou-touraine.fr/>





* Constitution d'un référentiel technique

Objectifs:

- Contribuer à une réhabilitation thermique pérenne du bâti en tuffeau,
- Donner des clés de lecture pour comprendre le fonctionnement d'un bâti en tuffeau, savoir diagnostiquer les désordres et pathologies pour les résoudre.
- Vulgariser auprès des élus et du public concerné les techniques d'intégration des énergies renouvelables les plus pertinentes pour le bâti ancien

Constitution du référentiel technique

3 fiches sur les grandes typologies architecturales du territoire (maison rurale, de bourg et de maître)

Fiche 4: Le tuffeau, altération et pathologies, puis entretien et restauration

Fiche 5: Comprendre et traiter l'humidité dans la maison ancienne

Fiche 6: Le comportement thermique du bâti en tuffeau

Fiche 7: Réhabilitation thermique: isolation et murs anciens

Fiche 8: Réhabilitation thermique: Intervenir du sol au plafond

Fiche 9: Réhabilitation thermique: Menuiseries et ouvertures

Fiche 10: Réhabilitation thermique: Chauffage et ventilation

Fiche 11: Composer avec le solaire (travail avec les STAP)

Fiche 12: Une réhabilitation pour la vie

Lexique et bibliographie



Diffusion début 2013



Merci de votre attention

