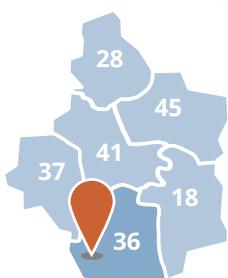


RÉNOVATION ÉNERGÉTIQUE DE L'HABITAT ANCIEN EN RÉGION CENTRE-VAL DE LOIRE



Une maison rurale du Parc naturel régional de la Brenne

Les cahiers de recommandations s'inscrivent dans le cadre des travaux initiés par l'un des groupes de travail du Plan Bâtiment Durable en région Centre-Val de Loire. Ils ont pour objectif de promouvoir les bonnes pratiques de rénovation énergétique du patrimoine bâti ancien de la région (construit avant 1948).

Ce patrimoine, construit à partir de matériaux naturels locaux (pierre, terre, chaux, sable, bois) et avec des procédés traditionnels, a perduré jusqu'à notre époque grâce à l'équilibre existant entre le bâti et son environnement.

La rénovation du bâti ancien est aujourd'hui nécessaire, pour réduire les consommations énergétiques et les émissions de gaz à effet de serre. Cependant, le recours à des matériaux conventionnels, pas toujours compatibles avec les caractéristiques de ces constructions, peut engendrer des désordres irrémédiables.

Les cahiers de recommandations présentent des interventions adaptées au bâti ancien, pour des rénovations de qualité et durables, tout en garantissant la pérennité de ce patrimoine et la conservation de son identité architecturale. Ce cahier est illustré par la réhabilitation d'une longère à Lurais, bourg situé à l'ouest du Parc de la Brenne.

Éléments architecturaux caractéristiques

La longère : on retrouve ce type d'habitation en longueur sur l'ensemble du territoire du Parc naturel régional de la Brenne. Ces maisons sont composées de plusieurs modules de 4,5 à 6 mètres de large, accolés par des murs de refend. Les longères sont souvent associées à des ensembles agricoles, mais peuvent également se retrouver dans les bourgs.

Elles comportent un rez-de-chaussée sur terre-plein et parfois un niveau sous comble exploitable grâce à un léger surcroît de la façade et accessible par des lucarnes.

Les murs en pierre calcaire ou en grès sont épais (entre 50 et 70 cm, voire plus, selon la période de construction) et maçonnés à la terre, conférant au bâtiment une très forte inertie et un bon confort d'été.

À l'inverse, il est difficile de chauffer l'habitation en hiver, les entrées d'air parasites étant importantes et l'isolation des murs, du sol et de la toiture inexistante.

Les fondations sont peu profondes et sans rupture de capillarité. L'eau du sol remonte ainsi dans les murs, mais s'évacue naturellement grâce à la perspirance* des parois, rendue possible par les matériaux composant les murs et les enduits.



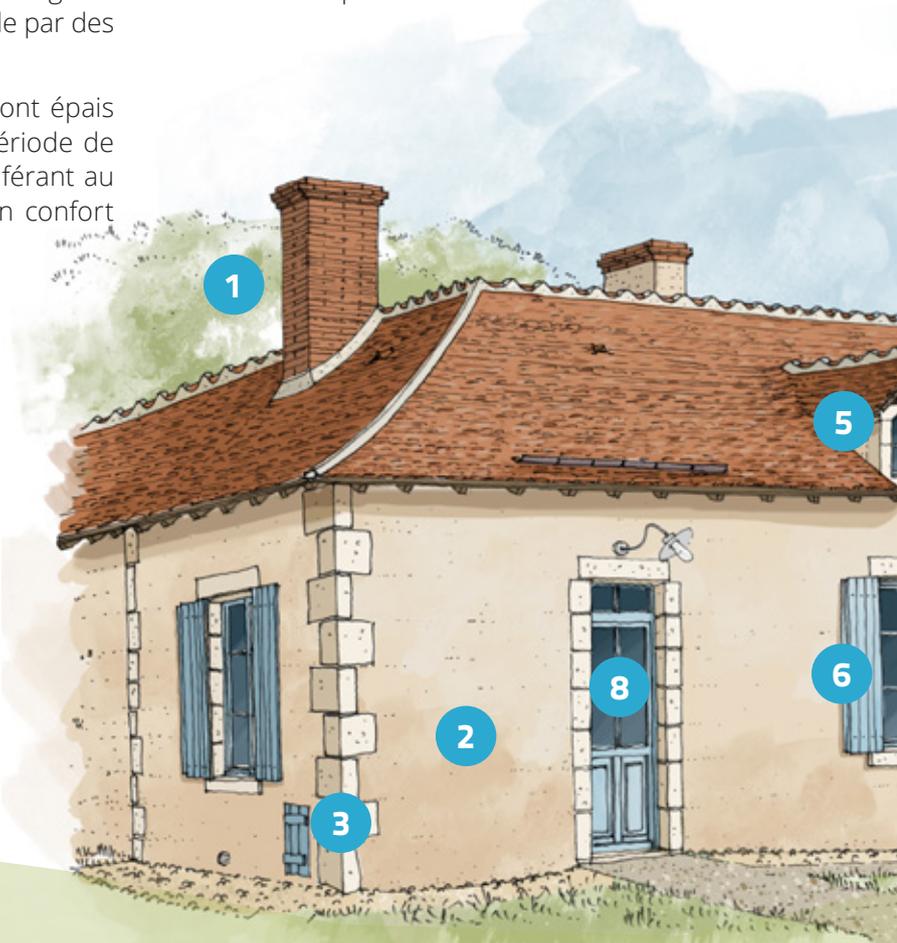
1 Cheminée en brique pleine ou en pierre.



2 En grès rouge, ocre ou noir, ou en calcaire, les murs sont maçonnés à la terre et enduits à la chaux naturelle.



3 Chaînage vertical en pierre calcaire ou en grès.



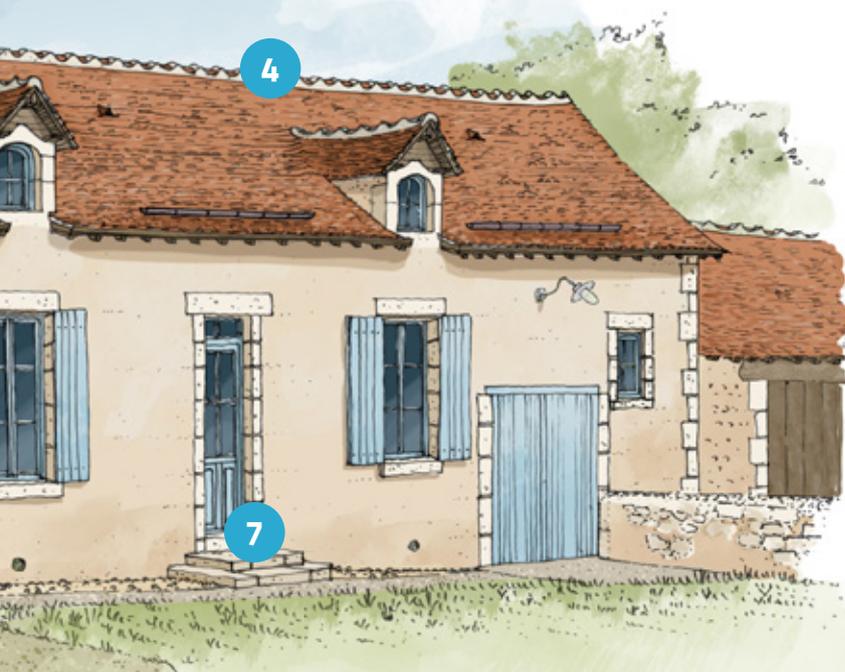
(*) perspirance : qui permet l'évacuation de l'humidité sous forme de vapeur.



4 Charpente en bois, de chêne, de peuplier et plus rarement d'orme, souvent à entrain retroussé. Tuiles plates en terre cuite plus ou moins galbées avec ergot (ou nez).



5 Lucarne, jour ou porte, avec jambages en pierre ou en bois, couverte de tuiles.



6 Volets battants en bois, pleins ou à persiennes.



7 Sol sur terre-plein constitué de carreaux de terre cuite posés sur mortier de terre ou de chaux, ou plus rare d'un dallage en pierre.

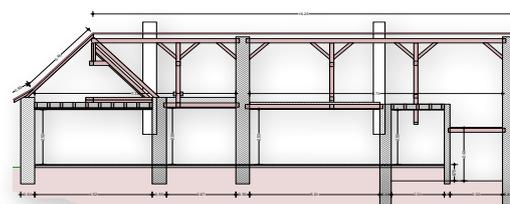
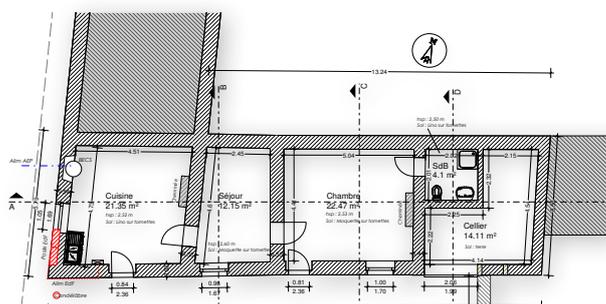


8 Porte en bois pleine ou vitrée en partie haute avec volet amovible. Linteau et jambages en pierre, bois, ou brique.

Description du bâti

Cette petite longère (fin XVIII^{ème}-XIX^{ème} siècle), comme nombre de ces bâtiments modulaires, a été construite en plusieurs temps. Elle est composée de 4 modules de 4,5 m de large (longueur des bois disponibles pour le solivage), accolés par des murs de refend de 45 à 55 cm d'épaisseur, en fonction de l'époque de construction.

La première maison devait comporter une salle commune avec cheminée et une chambre non chauffée à l'ouest. La salle avec cheminée à l'est et la remise ont été adjointes sans doute au XIX^{ème} siècle (épaisseur de refend de 44 cm). La longère possède deux murs mitoyens, de faibles fondations et une charpente à croupe côté rue. L'accès au grenier se fait par deux lucarnes jours. Comme l'ensemble du bâti rural, elle est construite en moellons liés à la terre, ce qui la rend très sensible à la gestion de l'eau sous toutes ses formes.



P.Diès, Maître d'œuvre

Environnement du bâti

Modeste par son architecture, cette maison occupe toutefois une place importante au centre du bourg de Lurais. Elle ferme l'espace public situé entre l'église romane inscrite Monument historique, la mairie, classée patrimoine du XX^{ème} siècle et le château de Lurais (ancien prieuré du XII^{ème} siècle fortifié au XV^{ème} siècle) qui domine la Creuse.



Elle est posée sur une légère pente, un sol calcaire, sain et drainant, et orientée plein sud. La façade nord donnant sur la cour d'un domaine voisin est aveugle. La toiture prolonge celle d'une maison-grange mitoyenne en façade ouest, qui sera à surveiller car c'est une source d'humidité en cas de défaut d'entretien des gouttières. Un bâtiment de garage est accolé à la remise côté est. En face, le clocher de l'église surplombe la maison et peut créer un masque solaire à certaines heures.



Des iris plantés le long des murs limitent les rejaillissements de l'eau de pluie.

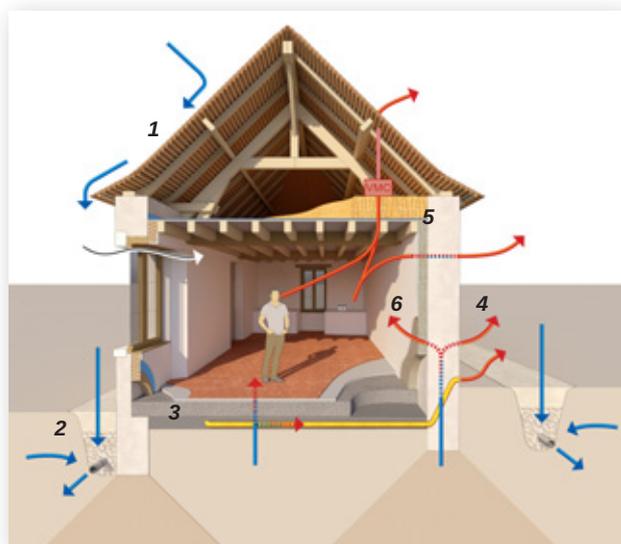
Principes de réhabilitation, points de vigilance

La terre et l'eau: les clefs d'une réhabilitation pérenne du bâti ancien

La terre est omniprésente dans les constructions rurales : crue dans les sols sur terre-plein, les murs pierre-terre, le torchis des planchers, cuite dans les tuiles et les briques. Cela fait la qualité environnementale de ce bâti entièrement "biodégradable" mais demande aussi une attention particulière à son entretien.

L'une des clefs en est la gestion de l'eau sous toutes ses formes : la pluie, les remontées capillaires, la vapeur d'eau, l'eau domestique. Un premier principe de construction est de protéger au mieux le bâti ancien des apports d'eau extérieurs. Mais un deuxième principe, en contradiction apparente est de ne pas bloquer la circulation de l'eau. Une fois le bâtiment à l'abri de la pluie, il faut permettre à l'eau de circuler dans ses états liquide et gazeux, pour maintenir la santé du bâtiment et utiliser au mieux ses qualités hygrothermiques.

Bonne gestion de l'eau dans le bâti ancien



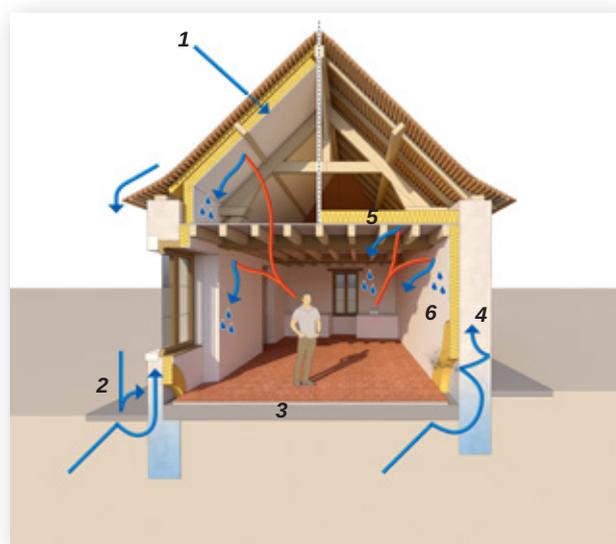
→ vapeur d'eau: le confort moderne augmente considérablement la production de vapeur d'eau

↙ eau liquide

↔ entrée d'air contrôlée

- 1- **Toiture traditionnelle** : maintenir les coyaux et déviations qui permettent d'éloigner l'eau des murs
- 2- **Pied de mur perméable-drain** : attention à ne pas descendre sous les fondations
- 3- **Dalle perméante sur hérisson ventilé**
- 4- **Enduits perméants** : souples et ouverts à base de terre ou de chaux, en protection des pluies. Eliminer les enduits ciments
- 5- **Isolant perspirant** : ouvert à la migration de la vapeur d'eau. Proscrire les matériaux fermés (cf. polystyrènes, polyuréthanes)
- 6- **Étanchéité à l'air** : soigner ce point pour empêcher les infiltrations d'air, sources de condensation dans les murs

Eau bloquée, avec risques de pathologie



↙ condensation: le renforcement de l'isolation sans assurer la ventilation et l'utilisation de matériaux non perméants bloquent la vapeur d'eau qui condense à l'intérieur

☁ moisissures

- 1- **Mauvais entretien du toit** : risques d'infiltration si le toit n'est pas entretenu régulièrement
- 2- **Trottoir étanche** : l'eau de pluie rejaillit sur les sous-bassements et l'eau qui vient du sol ne s'évapore plus
- 3- **Dalle étanche à l'eau** : l'humidité bloquée sous la dalle remonte par capillarité dans les murs
- 4- **Enduits étanches** : l'eau est bloquée par les enduits étanches intérieurs et extérieurs
- 5- **Isolant non perspirant**
- 6- **Mauvais traitement de la ventilation et/ou de l'étanchéité à l'air** : source de condensation et à terme, de moisissures

Diagnostic de la longère de Lurais

Avant toute rénovation énergétique, un diagnostic complet du bâtiment doit être effectué pour obtenir une vision globale de l'état du bâti, de ses éléments techniques et de son intérêt patrimonial. Le but est de recenser l'ensemble des qualités, des fragilités,

voire des pathologies du bâti à traiter, avant d'améliorer thermiquement l'enveloppe et d'anticiper les risques de pathologies et de perte patrimoniale liés à une rénovation mal adaptée.

1. Réaliser un diagnostic architectural et technique du bâti...

 État de santé	 État fonctionnel	 État patrimonial
<p>Évaluation de l'état des éléments structurels :</p> <ul style="list-style-type: none">• gros œuvre (Mitoyenneté avec maison non occupée)<ul style="list-style-type: none">- 3 murs extérieurs sains, peu de fissures, mur pignon ouest poussé par la charpente au-delà de l'équilibre ;- charpente chêne en très mauvais état ;- pourtrason en mauvais état, en partie refaite en sapin ;- planchers, fusées de torchis, état moyen à mauvais, inexistant sur poutres sapin ;- 2 souches + conduits de cheminées, en état moyen ;- sol : terre plein, terre battue, absence de dalle.• second œuvre<ul style="list-style-type: none">- sol : carreaux de terre cuite + linoleum et moquette, maintenant de l'humidité, sain une fois dégagé ;- faux plafond sous poutres sapin ;- menuiseries anciennes, défaut d'étanchéité ;- peintures écaillées.• ventilation<ul style="list-style-type: none">- renouvellement d'air par les défauts d'étanchéité et par le foyer bois.• présence de moisissures ou autres<ul style="list-style-type: none">- quelques traces de moisissures en bas de mur.• gestion des eaux pluviales : pas de gouttières, infiltration	<ul style="list-style-type: none">• usage <-> bâti Bâti mal adapté à l'usage actuel d'une maison de cette taille : trois petites pièces en enfilade et une salle d'eau-W-C. Séparation du salon et de la cuisine ne correspond plus aux usages. Complément : description du bâti p.4.• confort, accessibilité<ul style="list-style-type: none">- peu confortable (petite salle d'eau + WC, murs parpaings pris sur la remise, années 60) ;- Maison non accessible aux personnes à mobilité réduite.• environnement extérieur<ul style="list-style-type: none">- revêtement en pied de mur : perméable côté sud, jardin au nord ;- végétation : envahissement côté nord, absence côté sud ;- mare, ruisseau, fossé : non.• différents indicateurs de l'adaptation à l'environnement et au climat<ul style="list-style-type: none">- type de climat : entre océanique et continental ;- orientation : plein sud, mur nord aveugle ;- implantation : construite dans une légère pente ;- compacité : moyenne.• intégration paysagère :<ul style="list-style-type: none">- emplacement visible dans le paysage urbain du bourg.	<p>Différents indicateurs de la valeur patrimoniale :</p> <ul style="list-style-type: none">• caractéristiques constructives et détails architecturaux Léger fruit des murs, 2 murs mitoyens, charpente à croupe côté rue (prolongement d'une maison vacante mitoyenne), coyaux, rives scellées, solin chaud, 2 lucarnes vitrées à fronton orné (trèfle, étoile) avec couverture sans doute en chapeau de gendarme modifiée à 2 pans, 2 souches de cheminée en brique.• matériaux témoins des savoir-faire locaux<ul style="list-style-type: none">- murs : moellons calcaires maçonnés à la terre, encadrements + chaînages quartiers calcaire ;- enduits : extérieur chaux sable, intérieur chaux ou plâtre peint ;- planchers en torchis + terre battue ;- charpente : chêne ;- couverture : petites tuiles plates ;- souches de cheminée : brique ;- pourtrason : chêne, sapin ;- menuiseries : chêne ;- sol : carreaux de terre cuite ;- menuiseries : portes bois vitrées en partie haute 4 carreaux + imposte ; fenêtres bois 6 carreaux, volets à persiennes.• datation, histoire : XVIII^{ème} XIX^{ème} siècle, attachement de la commune à ce bâtiment, devenu mairie, puis poste, puis logement communal.

Diagnostic de la longère de Lurais

2. ... Réaliser un diagnostic énergétique de la construction...



État de l'enveloppe

- **murs** : pierre-terre, mur parpaings non isolés
- **toiture** : non isolée à refaire
- **planchers** : bois et torchis non isolés
- **menuiseries** : anciennes, simple vitrage



État des systèmes

- **chauffage** : convecteurs électriques + insert cheminée bûches
- **ECS** : Cumulus électrique, 100 l, 1 200 W, production permanente
- **ventilation** : naturelle par défauts d'étanchéité à l'air et ouverture des menuiseries
- **électricité** : à refaire, hors norme
- **Assainissement** : tout à l'égout



État des consommations

- **combustible d'appoint** : bois bûches
- **consommation eau chaude** : 1 463 kWh_{ef}/an
- **consommation électrique globale** : 13 041 kWh_{ef}/an

3. ... Pour répondre à : quels travaux préconiser ?

Préserver les qualités hygrothermiques et patrimoniales du bâti

- **Qualité patrimoniale**
 - reconstruire une charpente en chêne traditionnelle ;
 - refaire la toiture en tuiles plates de récupération ; coyaux, lucarnes reposées à l'identique, avec noues croisées, gouttières cuivre passe-portes ;
 - solivage en chêne de réemploi ;
 - conduit de cheminée reconstruit en boisseaux doubles : 1 pour le poêle, 1 pour la VMC ;
 - souche reconstruite, enduite, couronnement briques cf. cheminée ancienne ;
 - fenêtre ouest recréée à l'identique, avec quartiers de démolition ;
 - menuiseries chêne à l'identique ;
 - volets berrichons pleins (face lisse visible quand le volet est ouvert) ;
 - conservation de la surface habitable et de la qualité des volumes intérieurs.
- **Qualité hygrothermique**
 - conserver au mieux l'inertie existante : maintenir le confort d'été, en préférant une solution d'amélioration thermique plutôt qu'une isolation par doublage ;
 - maintenir les transferts de vapeur d'eau dans les murs, permettant aux murs de s'assécher, en utilisant des isolants biosourcés ;
 - soigner l'étanchéité à l'air, en privilégiant des solutions mécaniques simples pour éliminer les entrées d'air parasites : enduits de finition sur enduits correcteurs thermiques ;
 - soigner les détails permettant d'éloigner l'eau des parois : coyaux, drain, perméabilité en pied de mur (graviers) ;
 - réaliser une ventilation performante assurant le renouvellement de l'air : VMC simple flux hygro B basse consommation.

Corriger/améliorer / son confort / son efficacité thermique

- pignon ouest : démolir et reconstruire sur fondation en béton armé, en briques monomur 20 cm d'épaisseur ;
- mur de refend ouest démolir pour créer une grande pièce, chauffée par un poêle ;
- dalle chaux-chanvre 25 cm sur hérisson ventilé ;
- correction thermique sur la partie habitée :
 - ~ murs ouest et nord : enduit chaux chanvre projeté + finition = 17 cm
 - ~ mur sud = 7 cm.
- les autres murs enduits à la chaux DL85 ;
- création SdB WC accessibles handicapés + buanderie dans la remise :
 - ~ mur ossature bois + isolation laine de bois 14 cm + frein vapeur hydrovariable + fermacell®.
- menuiseries bois double vitrage à l'identique ;
- plancher haut : plaques de fermacell® + frein vapeur + bottes de paille ;
- étanchéité à l'air : Q4 Pa – surf < 0.6 m³(h.m²) au test final Q4 Pa – surf = 0.55 m³(h.m²) ;
- chauffe-eau thermo-dynamique dans la buanderie avec prise d'air dans les combles et rejet en façade au-dessus de la porte de garage ;
- poêle à granulés à régulation électronique 4,5 kW, rendement > 90 %.

Carnet de chantier 2017-2018

Longère de Lurais avant travaux...



Expérimentation pour la performance thermique du bâti ancien

Projet "PBC" lancé par
le Parc naturel régional de la Brenne
depuis 2012 (cf. p19)

4 bâtiments, 9 logements en tout, réhabilités en testant plusieurs types d'isolants biosourcés et 2 techniques principales de mise en œuvre pour les murs : enduits isolants en correction thermique « slow tech » ou isolation plaquée « scotch tech »... Les résultats mesurés pendant 2 ans après les travaux et les enquêtes auprès des locataires permettent de montrer l'efficacité des solutions « slow tech » pour le bâti ancien.



Longère de Lurais (2016-2018)



Immeuble Petit-Jean Rivarennès (2013-2015)



Maison vigneronne Thenay (2011-2013)



Logement de l'ancienne école de Tournon-St-Martin (2017-2019)

Carnet de chantier 2017-2018

... travaux



Préconisation par élément pour le bâti ancien

Isolation des combles non aménagés

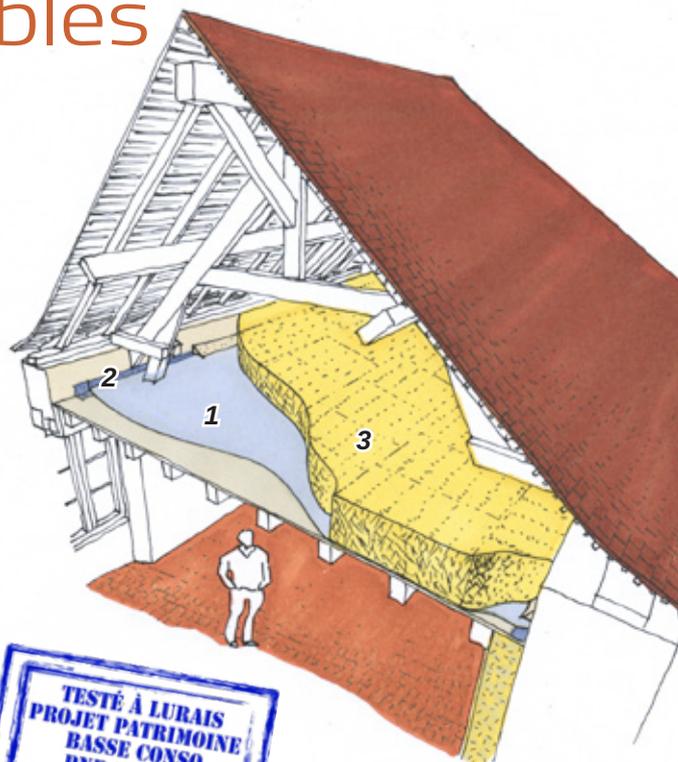
en cas de combles non chauffés

Principe: isoler directement au sol le plancher de l'étage.

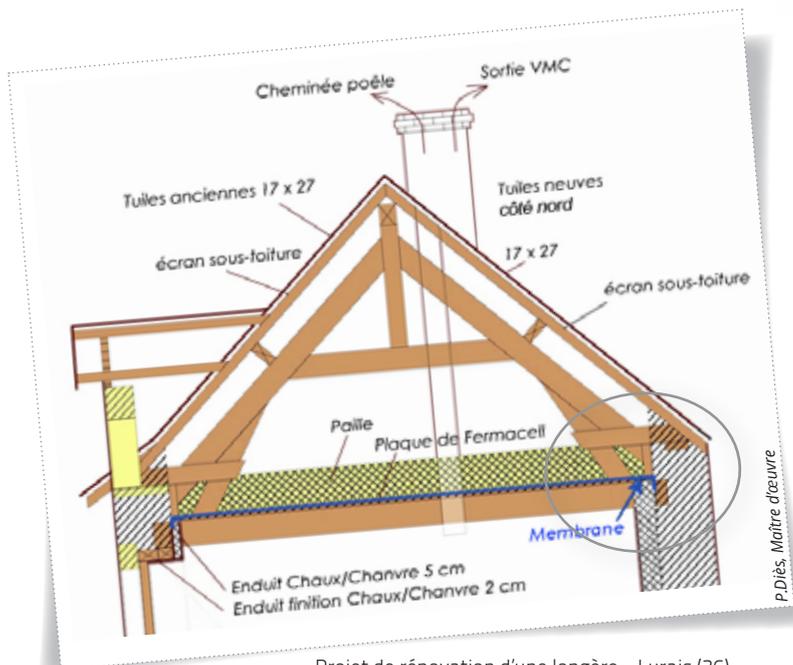
Une fois le plancher nettoyé, un film frein vapeur (1) hygrovariable* est posé au sol. Celui-ci doit assurer l'étanchéité avec les murs périphériques (2) afin de supprimer toutes les fuites d'air entre le RdC et les combles (ruban raccord d'enduit, entre frein vapeur et solin de chaux).

Au-dessus, on pose un isolant bio-sourcé (3).

Il est conseillé de poser une épaisseur d'isolant permettant d'atteindre une résistance thermique $R^* \geq 7 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$, équivalant à environ 28 cm de laine de bois, de chanvre, ouate de cellulose, ou comme ici une botte de paille posée à plat.



⚠ Les combles doivent être ventilés. La toiture doit être régulièrement inspectée pour prévenir des infiltrations d'eau.



Projet de rénovation d'une longère – Lurais (36)



AVANTAGES

- Les économies d'énergie générées ainsi que le gain de confort sont très importants.
- Le confort d'été est amélioré en cas de mise en place d'un matériau isolant relativement dense ($> 40 \text{ kg/m}^3$) tel que la ouate de cellulose, la laine de bois ou la paille. Ces matériaux permettent un déphasage temporel et un amortissement des pics de température estivaux, limitant ainsi les surchauffes dans les pièces situées sous le plancher isolé.

Remarques

- Attention à ne pas endommager le frein-vapeur lors de la pose de l'isolant.
- Afin d'utiliser l'espace sous toiture comme lieu de stockage, des solutions existent:
 - plancher bois sur lambourdes, avec isolation entre ces dernières;
 - plancher sur plots.

(*¹) Frein vapeur hygrovariable : en fonction du taux d'humidité, les pores de la membrane s'ouvrent ou se ferment plus ou moins. Lorsque le taux d'humidité à la surface de l'isolant est élevé, la membrane s'ouvre (donc le S_d diminue) pour permettre la perspiration et le séchage vers l'intérieur.

(*²) R : Résistance thermique, en $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$. Plus elle est élevée, plus la paroi est isolante.

(*³) S_d : Epaisseur équivalente de diffusion de la vapeur d'eau (en mètre). Le S_d d'un produit correspond à l'épaisseur qu'aurait une lame d'air de même résistance à la diffusion de la vapeur d'eau.

Préconisation par élément pour le bâti ancien

Isolation de la toiture aménageable

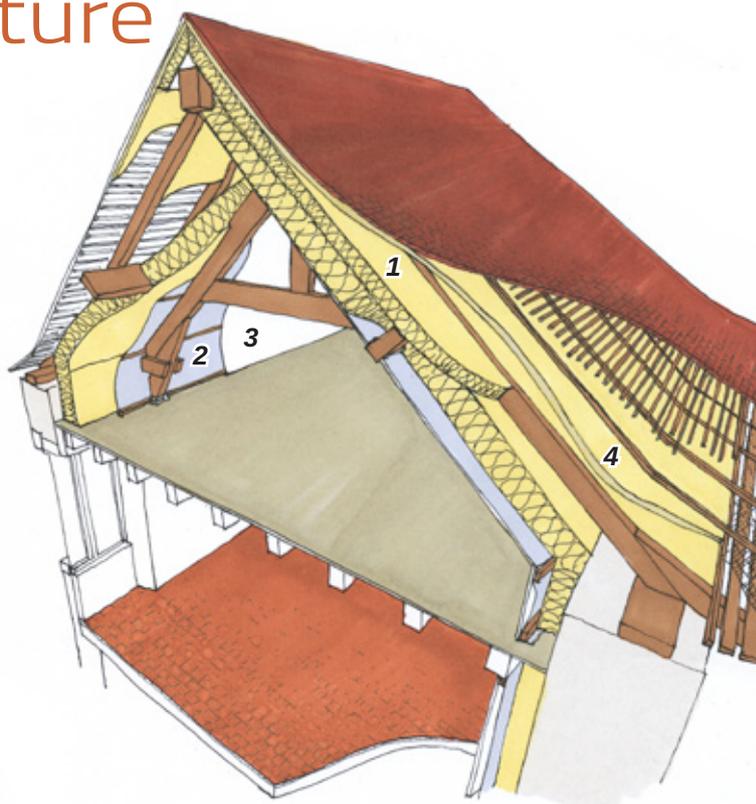
en cas de combles chauffés

Principe: isoler directement les rampants de la toiture ainsi que le mur en surcroît jusqu'au plancher des combles.

Sous les chevrons, mettre en place un isolant bio-sourcé (1), recouvert d'un film frein vapeur (2) hygrovariable* et d'un revêtement perméant (3) assurant la protection de l'isolant, type plaque de plâtre, plaque de fibres-gypse, lambris bois, etc.

L'épaisseur d'isolation conseillée doit permettre d'atteindre au moins une résistance thermique $R^* = 6 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$, équivalant à environ 24 cm d'isolant type laine de bois ayant une densité de 50 kg/m^3 .

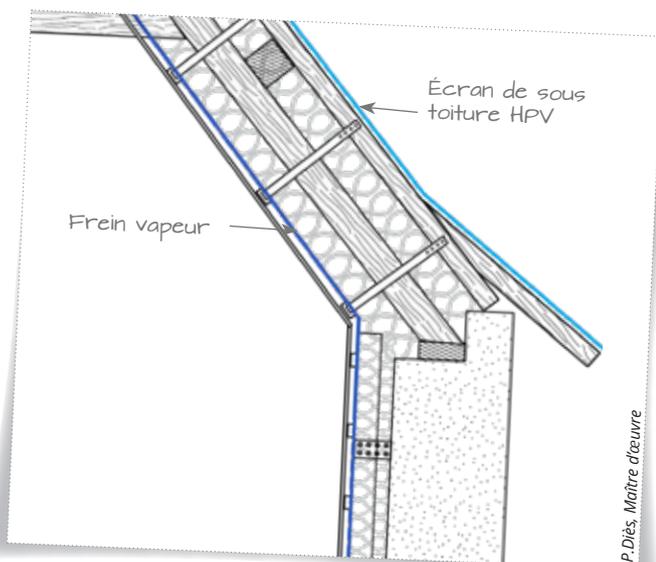
Entre le revêtement intérieur et l'isolant, le frein vapeur doit être posé de manière continue sur l'ensemble de la surface isolée afin d'assurer l'étanchéité à l'air du volume chauffé sous toiture.



⚠ Ce mode d'isolation ne permet plus d'inspecter l'état de la toiture en sous-face. Celle-ci doit être en parfait état avant la mise en place de l'isolation et le moindre désordre doit être rapidement traité.



Chatière en cuivre. Le cuivre en s'oxydant prend la couleur des tuiles.



Isolation des combles aménageables

POINTS D'ATTENTION

- En cas de démontage de la toiture, il est possible d'isoler par-dessus le chevronnage, seulement si cela ne dégrade pas la qualité architecturale du bâtiment (volume et finitions de toiture) et n'oblige pas à la suppression de détails architecturaux.
- Afin d'assurer la pérennité de la membrane d'étanchéité à l'air, il est important de prévoir un espace d'environ 3 à 4 cm entre le film frein vapeur et le revêtement intérieur. Cet espace peut être utilisé pour le passage des réseaux.



- **Autour du conduit de cheminée, l'isolant utilisé doit être de classe A1 pour la réaction au feu (ex : laine de roche). Il n'existe pas aujourd'hui de matériau bio-sourcé certifié incombustible.**

(*)HPV : Haute perméabilité à la vapeur d'eau => $S_d < 0,10 \text{ m}$.

Préconisation par élément pour le bâti ancien

Amélioration thermique des murs par enduits et bétons isolants*

Principe: améliorer la résistance thermique du mur et augmenter sa température de surface.

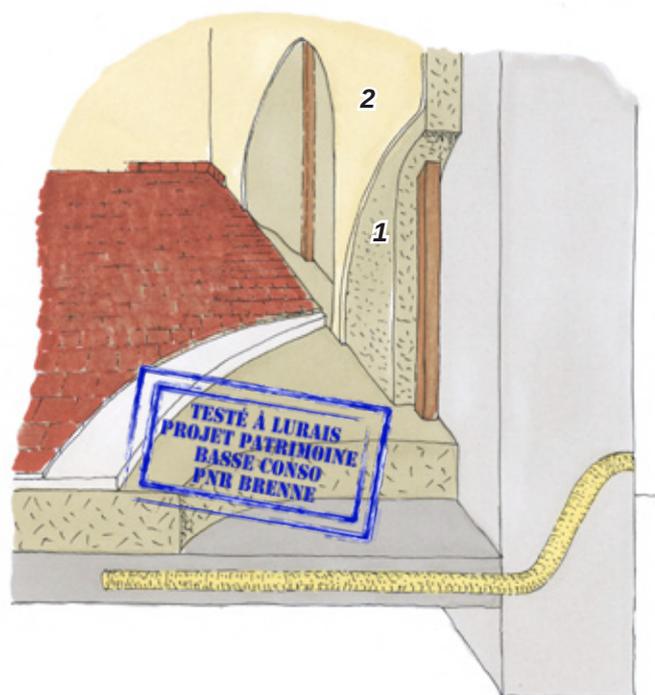
Application ou projection d'un enduit isolant (1) et d'une couche de finition (2), à base de chaux ou de terre et de matériaux bio-sourcés, directement sur la surface intérieure du mur ou réalisation d'un doublage du mur en béton isolant (exemple : enduit ou béton chaux-chanvre).

En application manuelle, l'épaisseur possible d'enduit est de 5 à 8 cm :

- application manuelle : $R^* = 0,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ pour 8 cm, conductivité thermique de $0,15 \text{ W/m.K}$

En application par projection, l'épaisseur peut aller jusqu'à 15 cm :

- application à la machine : $R^* = 1,0 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ pour 8 cm, conductivité thermique de $0,076 \text{ W/m.K}$



⚠ Si un enduit extérieur étanche existe (type enduit ciment), il est indispensable de le supprimer par piquetage du mur et de le remplacer par un enduit à la chaux naturelle pour retrouver la perméance à la vapeur d'eau du mur.

AVANTAGES

- ⊕ Permet d'assurer un bon **confort d'hiver**: même de faible épaisseur, améliore le confort thermique par suppression de l'effet de paroi froide.
- ⊕ Permet d'assurer un bon **confort d'été** par :
 - conservation de l'efficacité de l'inertie thermique du mur;
 - possibilité de séchage du mur vers l'intérieur créant ainsi un phénomène d'évaporation à la surface de l'enduit. Cette évaporation d'eau consomme des calories (climatisation naturelle) et refroidit la température de surface de l'enduit.
- ⊕ Forte perméabilité à la vapeur d'eau: ne dégrade pas l'équilibre hydrique du mur et laisse transiter la vapeur d'eau au sein du mur.
- ⊕ Forte hygroscopicité (capacité à stocker l'humidité): permet de réguler l'humidité ambiante intérieure.
- ⊕ Permet de suivre les irrégularités des murs.
- ⊕ L'étanchéité à l'air se fait mécaniquement par l'enduit.
- ⊕ Présente un aspect fini sans ponçage ni peinture.



Projection d'un enduit isolant (béton chaux-chanvre).

INCONVÉNIENTS

- ⊖ Ne permet pas d'atteindre une résistance thermique aussi importante qu'avec la pose d'un isolant de même épaisseur.

(*) On parle plutôt d'enduits correcteurs que de bétons isolants car leur conductivité thermique dépasse $0,06 \text{ W/m.K}$.

(**) R : Résistance thermique, en $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$. Plus elle est élevée, plus la paroi est isolante.

Préconisation par élément pour le bâti ancien

Isolation des murs par doublage intérieur

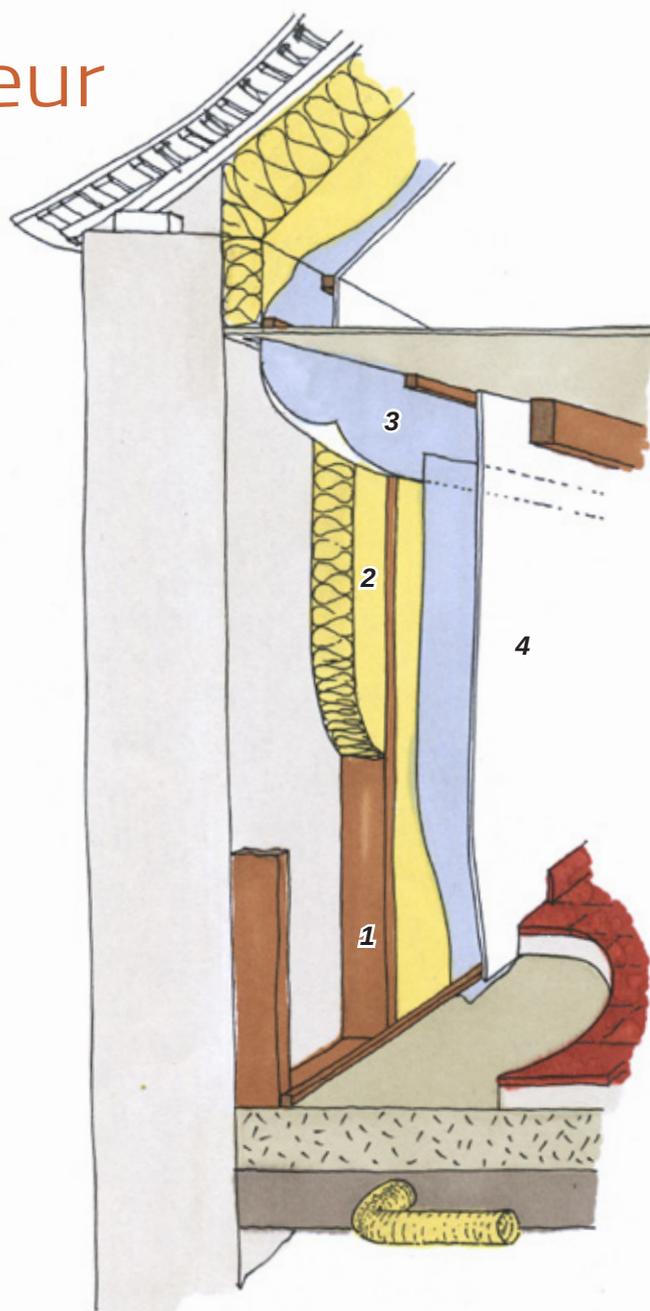
Principe: isoler les murs par la pose d'un isolant côté intérieur, doublé par un revêtement, fixé sur un système de rails ou de tasseaux (1).

L'isolant choisi doit être perméable à la vapeur d'eau. Ainsi, l'utilisation d'isolants (2) bio-sourcés (laine de bois, ouate de cellulose, laine de chanvre...) permet de limiter les perturbations des transferts hydriques au sein du mur.

Un film frein vapeur (3) hygrovariable*, doit être posé **de manière continue** côté intérieur, entre la plaque de revêtement (4) et l'isolant, afin d'assurer l'étanchéité à l'air et de limiter le transfert d'humidité vers l'isolant.



Projet de rénovation d'une longère – Lurais (36)



AVANTAGES

- ➕ Réduction importante des déperditions thermiques par les murs car cela permet d'atteindre une bonne résistance thermique. Pour un isolant de type laine végétale (conductivité thermique de 0,04 W/m.K) $R^* = 3,75 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ pour 15 cm d'isolant.

Remarques

- À la place d'un revêtement léger, il est possible de réaliser une contre-cloison en brique ou en béton cellulaire enduite à la chaux ou à la terre.
- Il est également possible d'enduire directement certains isolants tels que la laine de bois.
- Isoler les ébrasements permet de gérer l'étanchéité à l'air et de limiter les ponts thermiques au niveau des menuiseries. (cf. p15).

INCONVÉNIENTS

- ⊖ Perte des avantages de l'inertie thermique d'absorption des murs et dégradation du confort d'été.
- ⊖ Ce principe d'isolation ne permet pas de réguler l'hygrométrie intérieure.
- ⊖ L'étanchéité à l'air autour des solives, des menuiseries et des réseaux techniques, est délicate à mettre en œuvre.
- ⊖ Réduction relativement importante de la surface habitable et difficulté de gestion des embrasures de fenêtres.
- ⊖ Perte de qualité patrimoniale intérieure: effet de boîte.

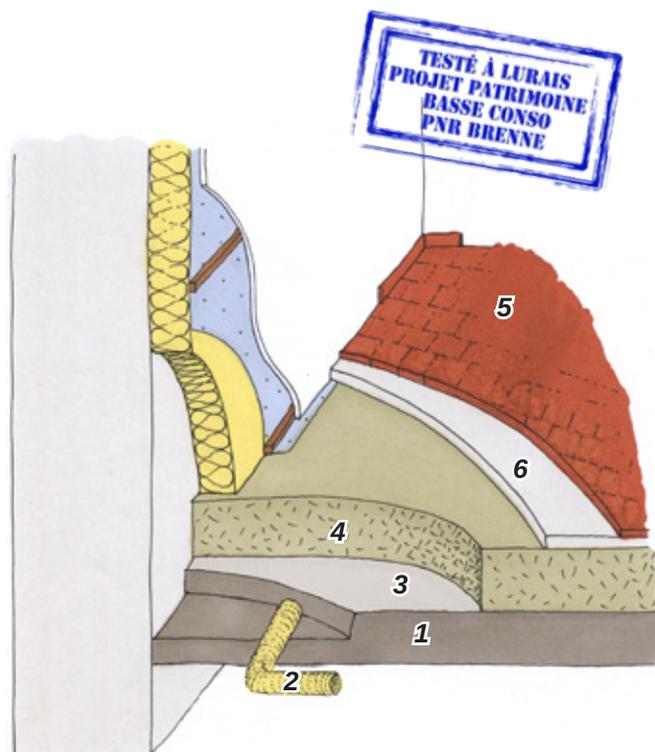
Plancher bas sur terre-plein

Principe: en cas de travaux de rénovation énergétique importants ou de réfection des sols, il peut être envisagé de reprendre le plancher bas du rez-de-chaussée.

Les travaux consistent à décaisser le plancher bas de manière à pouvoir mettre en place les couches successives suivantes :

- hérisson (1) (ex : en pierres, graviers ou pouzzolane 20 à 30 cm) ventilé par un drain (2) ;
- géotextile (3) ;
- dalle perméante (4) (par exemple chaux-pouzzolane, chaux-chanvre, chaux-billes d'argile de 15 à 25 cm) ;
- revêtement de sol perméant (5) (ex : carreaux de terre cuite sur lit de pose en chaux (6), pierre, plancher bois, etc.).

Autour de l'ensemble situé au-dessus du géotextile, un isolant périphérique non hygroscopique et imputrescible comme le liège peut être mis en place pour assurer la liaison entre l'isolation des murs et l'isolation de la dalle.



Dalle chaux-chanvre. Pour 25 cm, $R^* \geq 2,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$, en fonction de la chaux utilisée.

Remarques

- Ces travaux lourds sont à réserver à la réfection des sols. Ne pas engager si les sols sont en bon état (gains thermiques relativement faibles en comparaison des autres travaux de réhabilitation énergétique).
- Attention à ne pas descendre la fouille au-dessous des fondations.
- Les matériaux bio-sourcés sont pour la plupart putrescibles lorsqu'ils sont mouillés. En rez-de-chaussée, il faut être très vigilant par rapport au risque de remontée d'humidité (cf. diagnostic du bâtiment).

⚠ Les dalles en béton de ciment, les films polyane, les polystyrènes et polyuréthanes ainsi que tout autre matériau non perméable à la vapeur d'eau sont à éviter. L'humidité remontant du sol se trouve bloquée sous la dalle. Elle n'a d'autre moyen de s'échapper que de remonter par capillarité dans les murs.

AVANTAGES

- ⊕ Permet d'améliorer l'isolation du sol tout en conservant un fonctionnement perméant.
- ⊕ Evite de bloquer l'humidité sous la dalle.

INCONVÉNIENTS

- ⊖ Nécessite de piocher en profondeur les sols existants. Il n'est pas toujours facile de dégager l'épaisseur nécessaire pour créer le hérisson et la nouvelle dalle.

(*) R : Résistance thermique, en $\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$. Plus elle est élevée, plus la paroi est isolante.

Préconisation par élément pour le bâti ancien

Menuiseries extérieures

Principe : remplacer les anciennes menuiseries peu performantes.

Les anciennes menuiseries sont peu étanches à l'air, munies de simple vitrage ou double vitrage avec lame d'air peu épaisse, ou possèdent parfois un système de fermeture détérioré.

Il est préconisé de les remplacer par des menuiseries ayant, a minima, les caractéristiques thermiques répondant aux exigences suivantes :

- Fenêtres performantes :
 $U_w^* \leq 1,3 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ et $Sw^* \geq 0,3$;
- Portes performantes : $U_d^* \leq 1,7 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$;
- Fenêtres de toiture performantes :
 $U_w^* \leq 1,5 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$.

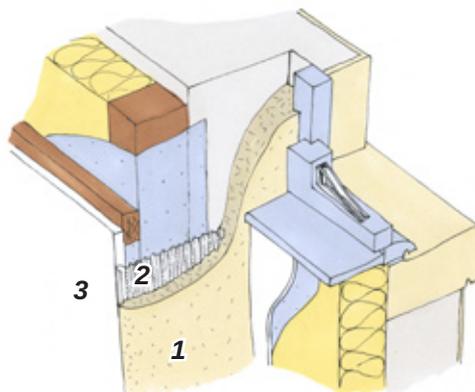
Deux techniques principales existent en rénovation :

Dépose partielle de l'ancienne menuiserie

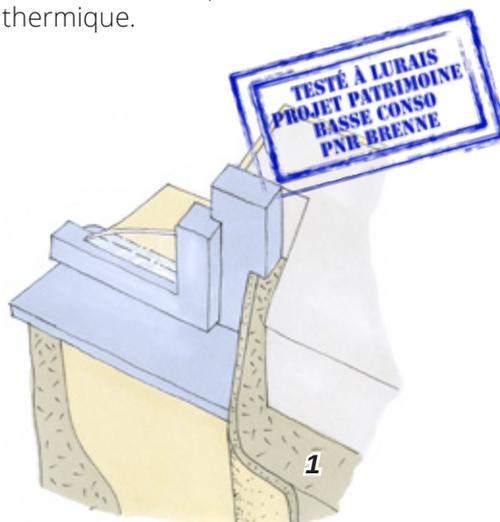
Conservation du dormant recouvert de la nouvelle menuiserie.

- ⚠ Dépose partielle déconseillée pour atteindre un bon niveau de réhabilitation thermique :**
- difficile de réaliser une bonne étanchéité à l'air ;
 - risque de pourrissement de l'ancien cadre en bois ;
 - surface de vitrage amoindrie.

Remplacement total avec dépose de l'ancienne menuiserie



Un enduit chaux (ou terre) - chanvre (ou roseau, etc) de faible épaisseur (1) faisant le lien (2) avec l'isolation plaquée (3) permet de maîtriser mécaniquement l'étanchéité à l'air de ce point délicat et de réduire le pont thermique.



Dans le cas d'un enduit isolant (1), celui-ci assure le lien entre maçonnerie et menuiserie.

Remarques

- Les proportions de la menuiserie doivent être conservées (ratio vitrage/cadre, forme des vitrages, présence d'imposte fixe, présence ou non de petits bois, etc.).
- Utiliser une bande conductrice de séparation des vitrages foncée pour une meilleure esthétique.
- Le bois est à privilégier pour les nouvelles menuiseries. Ce matériau durable est adapté au maintien de la qualité architecturale du patrimoine.
- Lorsque la qualité des menuiseries anciennes le nécessite, on peut utiliser le principe de la double fenêtre ou des doubles vitrages spéciaux très fins à insérer dans celles-ci (par exemple : process de la "fenêtre durable").

AVANTAGES

- ⊕ Permet une bonne étanchéité à l'air entre le nouveau dormant et le mur existant isolé ou non.
- ⊕ Permet de supprimer le pont thermique menuiserie/mur si les travaux d'isolation et de remplacement de menuiserie sont bien coordonnés.

INCONVÉNIENTS

- ⊖ En cas de changement de menuiserie, sans travaux d'isolation des murs, il est parfois difficile de démonter le dormant de l'ancienne menuiserie sans dégrader le revêtement intérieur. Une reprise des tableaux est souvent nécessaire.

* U_w : Coefficient de déperdition d'une menuiserie (vitrage et cadre). Plus il est faible, plus la menuiserie est isolante.

* Sw : Facteur solaire du vitrage d'une menuiserie : proportion du rayonnement solaire traversant la menuiserie. Plus ce chiffre est élevé, plus la menuiserie permet de bénéficier des apports gratuits du soleil.

* U_d : Coefficient de déperdition pour une porte.

Ventilation

Principe : en cas de travaux d'isolation, réviser impérativement le mode de ventilation de la maison.

ISOLER = ÉTANCHÉIFIER = BESOIN DE VENTILER

Les anciennes menuiseries et parois sont perméables à l'air et contribuent à la (sur) ventilation de l'habitat ancien. Toutes les interventions sur ces éléments (isolation, remplacement des menuiseries, etc.) visent à limiter au maximum les fuites d'air. Cela implique la mise en place d'un système de ventilation permanente pour assurer le renouvellement et la qualité de l'air intérieur de façon maîtrisée (ni trop ni trop peu).

■ Simple flux

Ventilation mécanique contrôlée simple flux hygroréglable (VMC hygro A ou B)

La mise en place d'une VMC hygro B permettra de renouveler correctement l'air ambiant.

Elle permet d'assurer une bonne qualité de l'air intérieur tout en limitant les déperditions.

Des bouches d'extraction hygroréglables sont installées dans les pièces humides (cuisine, sdb, wc) et des grilles d'entrée d'air hygroréglables sont mises en place dans les pièces de vie.



AVANTAGES

- + Insertion dans l'existant souvent réalisable techniquement.
- + Débits d'air extrait maîtrisés, limitant les déperditions énergétiques.
- + Entretien facile : nettoyage régulier des bouches et grilles.

INCONVÉNIENTS

- Pertes énergétiques par renouvellement d'air restant non négligeables.

Ventilation mécanique répartie (VMR)

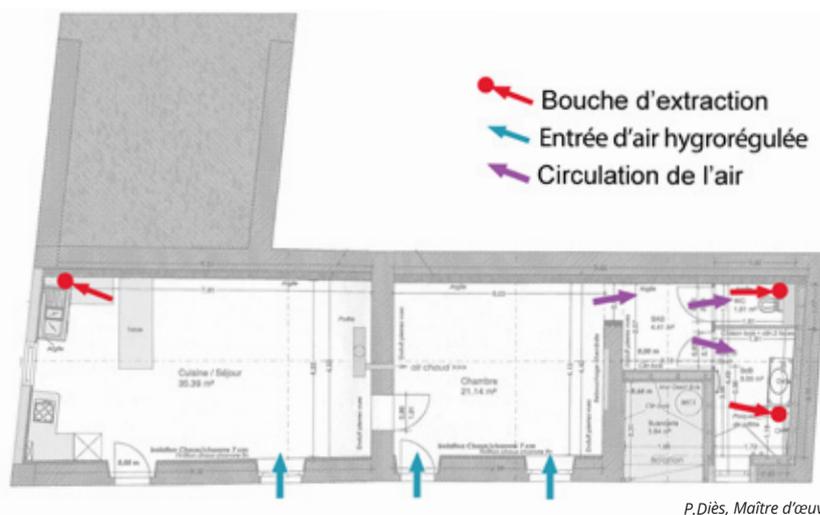
Si la mise en place d'une VMC n'est pas possible, la VMR peut être une bonne solution alternative.

Chaque bouche d'extraction située dans les pièces de service est munie d'un moteur autonome et n'implique pas la mise en place d'un réseau de gaines.

L'inconvénient est que chaque bouche d'extraction nécessite une sortie dédiée (pas toujours en façade, souvent en toiture), pouvant dégrader l'aspect architectural du bâtiment.

A envisager avec circonspection !

Ventilation mécanique simple flux



P. Diès, Maître d'œuvre

Projet de rénovation d'une Longère – Lurais (36)

Ventilation simple flux hygroB, extracteur basse consommation débit de ventilation 30m³/h

Préconisation sur la ventilation

Remarques concernant l'ensemble des systèmes mécaniques

- L'extracteur mécanique peut être installé dans les combles s'ils ne sont pas aménagés, avec sortie en toiture. L'évacuation se fait vers l'extérieur.
- Utiliser les conduits de cheminée existants désaffectés quand c'est possible pour l'évacuation de l'air vicié. Cela permet une meilleure intégration architecturale de la ventilation mécanique.

⚠ Utiliser en priorité des gaines semi-rigides à jonctions étanches dans le volume chauffé et isolées en dehors des volumes chauffés. Elles sont adaptées en rénovation et limitent les risques de cou dage et d'écrasement de conduit, néfastes à une bonne ventilation.

⚠ En toiture, les jonctions conduits/revêtements intérieurs doivent être soignées pour ne pas dégrader l'étanchéité à l'air de l'enveloppe du bâtiment. Des manchons spéciaux existent pour assurer une bonne étanchéité.

■ Double flux

Ventilation mécanique contrôlée double flux

La mise en place d'une VMC double flux permet de renouveler de manière efficace l'air ambiant et de récupérer jusqu'à 90 % des calories de l'air extrait pour les transmettre à l'air neuf entrant, réduisant fortement les besoins en chauffage.

Des bouches d'extraction sont installées dans les pièces humides (cuisine, sdb, wc) et des bouches d'insufflation sont positionnées dans toutes les pièces de vie.

La VMC double flux constitue une bonne association avec un système de chauffage tel qu'un poêle à bois. Il contribue à une meilleure répartition de la chaleur dans l'ensemble du logement.

Ventilation mécanique répartie double flux

Il existe des blocs de ventilation double flux autonomes permettant de ventiler un bâtiment pièce par pièce tout en récupérant les calories contenues dans l'air extrait.

⚠ Aucune menuiserie ne doit comporter de grille d'entrée d'air. Il est donc primordial de réaliser les travaux de menuiserie après avoir choisi le type de système de ventilation.

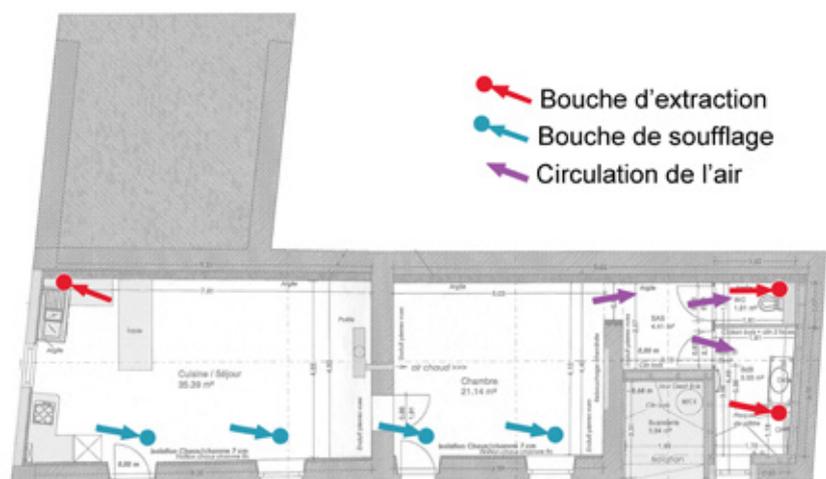
AVANTAGES

- ⊕ Réduction des besoins en chauffage.
- ⊕ Maîtrise parfaite des débits soufflés et extraits.

INCONVÉNIENTS

- ⊖ Mise en place des réseaux parfois compliquée en rénovation.
- ⊖ Coût: relativement élevé pour une bonne efficacité.
- ⊖ Obligation d'une maintenance régulière, notamment pour le changement des filtres tous les 3 à 4 mois.
- ⊖ Nécessité d'un bon réglage des débits pour ne pas créer d'inconfort aéraulique et acoustique.

Ventilation mécanique contrôlée double flux



Préconisation sur les équipements

Chauffage et production d'eau chaude sanitaire

Les modes de chauffage sont multiples. Il faut penser que dans une maison bien isolée, les besoins en chauffage seront très faibles. On privilégiera les énergies renouvelables. Pour la production d'eau chaude, on peut utiliser des panneaux solaires thermiques si la maison est bien orientée et s'il n'y a pas de masques solaires mais ils sont souvent difficiles à intégrer sur les toitures anciennes. Un chauffe-eau thermodynamique représente une solution alternative.

Chauffage par poêle à granulés

Puissance de : 1 kW à 4,5 kW – Rendement > 90 %.
L'air entrant pour l'alimentation du poêle doit être totalement indépendant de l'air ambiant intérieur, c'est le principe du foyer fermé.

Vérifier les caractéristiques d'étanchéité de l'appareil.
Air entrant (tirage) canalisé sur le conduit de cheminée (double paroi).

Autonomie : 48 heures minimum, silo intégré sur le côté. Des silos plus importants permettent une plus grande autonomie.

Régulation du chauffage : électronique, programmation horaire.

Émetteurs de chaleur :

- Ventilateur
 - 1 pour diffuser la chaleur du poêle dans le séjour ;
 - 2 pour la sortie d'air chaud, canalisé, pour la chambre contigüe.
- Pour la salle de bain excentrée, on prévoit un radiateur électrique sèche-serviette en acier de puissance 500 W.



Chauffe-eau thermodynamique

Vertical, 200 litres, COP* > 3. L'air est pris dans les combles où il sera tempéré, voire préchauffé pendant les périodes chaudes.

Phasage des travaux de rénovation

Rénovation performante par étape

Une rénovation performante s'obtient par une réflexion globale sur l'ensemble du bâti et de ses systèmes techniques et par le traitement de l'ensemble des points faibles identifiés.

Rénover globalement son habitat ne signifie pas obligatoirement réaliser tous les travaux en même temps. Une rénovation globale peut se programmer par étape et s'étaler sur plusieurs années.

L'important est d'anticiper les futurs travaux et de réaliser l'ensemble dans le bon ordre.

⚠ Trop souvent, le problème est abordé à l'envers: changer le système de chauffage sans avoir revu l'isolation conduit en effet à un surdimensionnement de la puissance nécessaire et à un gaspillage d'énergie.

1 ▪ Réduction des besoins énergétiques

Traitement thermique de l'enveloppe par étapes, combles, menuiseries, murs, sols, notamment sur vide sanitaire ou sur cave.

Bien anticiper la réflexion sur le couple travaux murs/menuiseries.

2 ▪ Réponse aux nouveaux besoins énergétiques par l'installation de systèmes performants

Remplacement du système de chauffage et du système de production d'eau chaude sanitaire adaptés aux nouveaux besoins.

Etude de la mise en place de systèmes utilisant des énergies renouvelables.

Anticiper le choix du système de ventilation en fonction des interventions et des systèmes.

(*) COP : Coefficient de performance.

Projet patrimoine basse consommation (PBC)



Le Parc naturel régional de la Brenne s'est engagé dans le projet « PBC » depuis 2012, avec l'aide de la Région Centre-Val de Loire et de l'ADEME, afin d'expérimenter des modes d'isolation efficaces, adaptés au bâti ancien par rapport à une isolation normative standardisée. Les bâtiments font l'objet d'une étude patrimoniale et énergétique (simulation thermique dynamique), de travaux d'isolation utilisant des matériaux biosourcés et sont instrumentés après travaux pour mesurer l'efficacité thermique des différentes solutions.

A Lurais, priorité au « slow tech »

Correction thermique pour les murs, car elle représente le meilleur consensus entre économies d'énergie et conservation de la qualité patrimoniale :

- simple à mettre en œuvre, « slow tech » ;
- conserve au plus près la surface et la qualité des volumes intérieurs ;
- augmente le confort thermique par :
 - ~ résorption des fuites d'air par étanchéité mécanique des enduits ;
 - ~ hygroscopicité : absorption de l'humidité, effet tampon sur la température et l'hygrométrie ;
 - ~ maintien du confort d'été, très important pour l'avenir ;
- ... et **bottes de paille en combles**, simple à mettre en œuvre, circuit court, bas carbone, très bon rapport coût/ isolation.

PBC², basse consommation/bas carbone

La longère de Lurais nous a permis de tester la réalisation de travaux simples et généralisables au bâti rural ancien (en pierre-terre).

Avec une consommation pour les 4 usages conventionnels de **56 kWh_{ep}/m².an***, l'amélioration thermique « slow tech » entre dans les critères du BBC rénovation (80 kWh_{ep}/m².an).

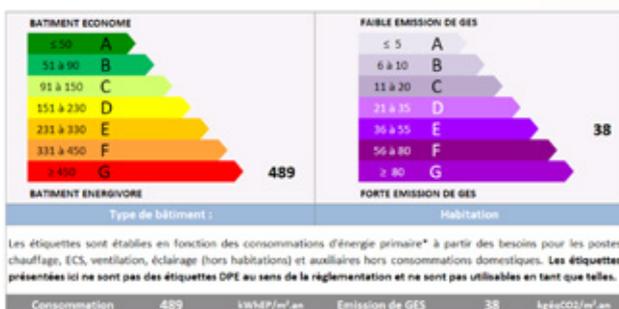
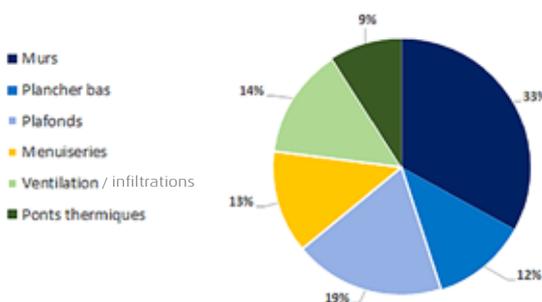
L'étanchéité à l'air mesurée lors du test final Q4 Pa – surf = 0.55 m³/(h.m²) équivaut à la valeur attendue pour un logement neuf bien réalisé.

L'usage important de matériaux biosourcés (165 kg/m²) pouvant être produits localement (chanvre, paille, bois) en fait aussi une solution bas carbone pour contribuer doublement à la transition écologique et climatique.

(*) 56 kWh_{ep}/m².an en appliquant le coefficient de 0.6 pour l'énergie bois (label BBC rénovation).

Étude thermique longère avant travaux

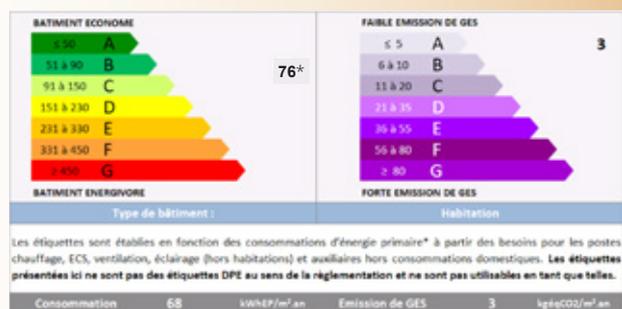
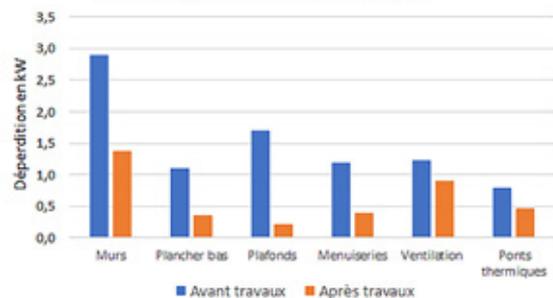
Déperditions par poste avant travaux : 8,9 kW



Maître d'ouvrage commune de Lurais, maître d'œuvre Pascal Diès, BET Ergio Tours, coordination Parc naturel régional de la Brenne.

Résultats après travaux

Evolution des déperditions travaux



76% de réduction de consommation.

RÉNOVATION ÉNERGÉTIQUE DE L'HABITAT ANCIEN EN RÉGION CENTRE-VAL DE LOIRE

POUR ALLER PLUS LOIN...

- Guide pour la restauration et l'entretien de l'architecture rurale – Parc de la Brenne, 2019
- Référentiel technique « Un bâti en tuffeau pour aujourd'hui et demain » – Parc LAT, 2016
- Fiches ATHEBA – Maisons Paysannes de France, 2010
- Site internet CREBA – www.rehabilitation-bati-ancien.fr/fr
- Site internet – www.construire-en-chanvre.fr
- Site internet de l'ademe – www.ademe.fr
- Site internet du Cerema – www.cerema.fr
- Site internet d'Envirobot Centre – www.envirobotcentre.com

QUI CONTACTER POUR VOUS AIDER DANS LA RÉNOVATION ÉNERGÉTIQUE DE VOTRE HABITAT ANCIEN ?

FAIRE

TOUS ÉCO-CONFORTABLES
guichet unique national
0808 800 700
www.faire.fr

Espace info énergie de l'Indre

ADIL de l'Indre
Centre Colbert
1, place Eugène Rolland
36000 CHÂTEAUX
02 54 27 37 37
www.adil36.org

Parc naturel régional de la Brenne Maison du Parc

Le Bouchet
36300 Rosnay
02 54 28 12 12
www.parc-naturel-brenne.fr

Organismes rédacteurs :



Avec la participation de :



Rédaction : Cédric Delahais, Cerema Normandie-Centre et Dany Chiappero, Parc naturel régional de la Brenne

Conseiller technique : Sébastien Yaouanc, Parc naturel régional de la Brenne

Relecture : Parc Loire Anjou Touraine, CAUE 28, CAUE 41, ENVIROBAT Centre, ADIL 36, ALE 37, FFB, CAPEB, MPF

Dessins : Jérôme Quatrepoint, architecte

Conception graphique : Damien Gauthier

Photos : Parc naturel régional de la Brenne, Helliö-Van Ingen

Mise en page : Antoine Jardot, Alexandra Duquenne, Cerema Normandie-Centre

Impression : Centr'Imprim – 36100 Issoudun

Remerciements à toutes les personnes qui ont apporté leur écoute, leur soutien et leur regard critique ayant ainsi contribué à l'aboutissement de ce cahier.

