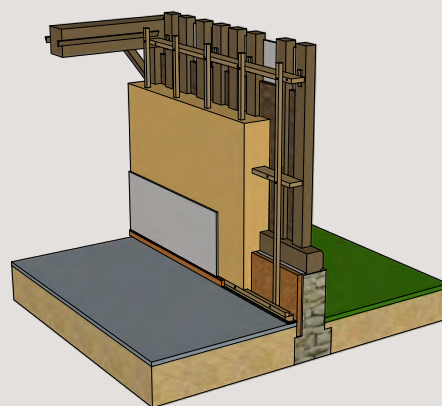
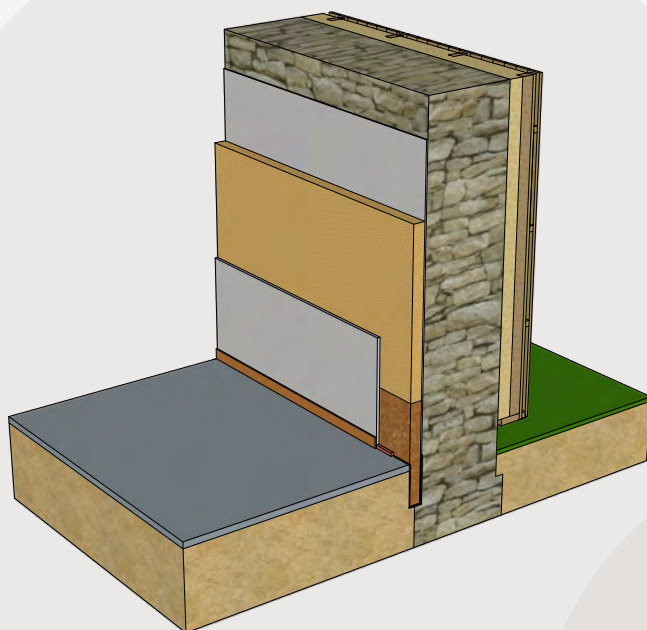


SOLUTION ERN

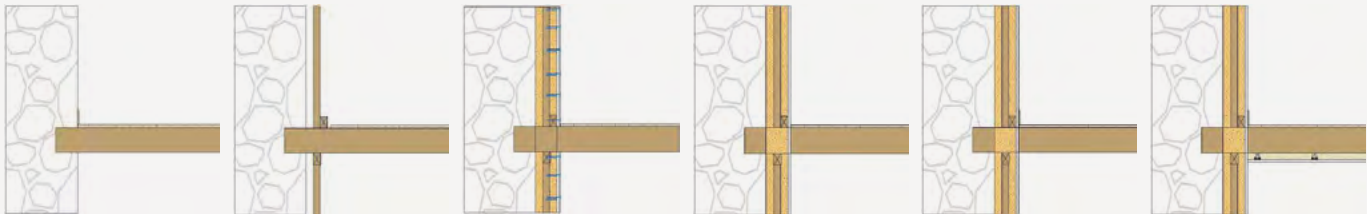
DÉCEMBRE 2025



FICHE SOLUTION RESTORE

SOMMAIRE

	CONTEXTE	01
1	ADN DE LA SOLUTION ERN	02
2	POURQUOI CETTE SOLUTION POUR CES TYPOLOGIES ?	04
3	DESCRIPTION TECHNIQUE DE LA SOLUTION	08
4	DÉCLINAISON EN GAMME DE LA SOLUTION	10
5	DESCRIPTION DE LA GAMME	14
6	PERFORMANCES DE LA SOLUTION	16
7	RÉPLICABILITE DE LA SOLUTION	18
8	ENSEIGNEMENTS ET APPORTS DU PROJET RESTORE	20
9	LE PROJET RESTORE CONTEXTE ET OUTILS	22



Issu du programme **PROFEEL**, le projet **RESTORE** a pour objectif de tester, développer et enrichir des solutions techniques intégrées, innovantes et répliquables pour faciliter le déploiement à grande échelle de la rénovation globale et performante de maisons individuelles. Dans la pratique, l'ambition du projet **RESTORE** est de fiabiliser et optimiser ces solutions de rénovation pour des types de maisons très répandus à l'échelle d'un territoire, d'une région, voire de la France entière.



Le projet RESTORE s'appuie sur l'analyse architecturale du parc de maisons en France qui permet de faire ressortir des typologies de bâtiments aux caractéristiques constructives proches. Ces similarités permettent de concevoir des solutions de rénovation globale et performante adaptées à toute une typologie de maisons qui pourront ensuite être ajustées en fonction du cas particulier de chaque maison (besoin du ménage, particularité du bâti...).



Plusieurs appels à manifestation d'intérêt (AMI) pour concevoir des solutions innovantes, ont été lancés à destination de groupements d'entreprises puis une combinaison d'offres adaptées à des modèles de bâtiments très courants a été sélectionnée. Les critères de choix des solutions ont notamment pris en compte leur capacité à répondre à la massification, la complétude des groupements les portant, leur aptitude à accéder rapidement au marché, ainsi que leurs performances attendues sur les plans thermique, environnemental, du confort et de l'économie.

Les groupements sélectionnés ont bénéficié dans le cadre du projet d'un accompagnement dans la conception de leur solution. Cet accompagnement consiste essentiellement en la coordination et la mobilisation de différents experts du CSTB issus de divers domaines scientifiques ou techniques pour appuyer les équipes sur la consolidation technique, la validation du niveau de performance attendu et la répliquabilité des solutions développées.

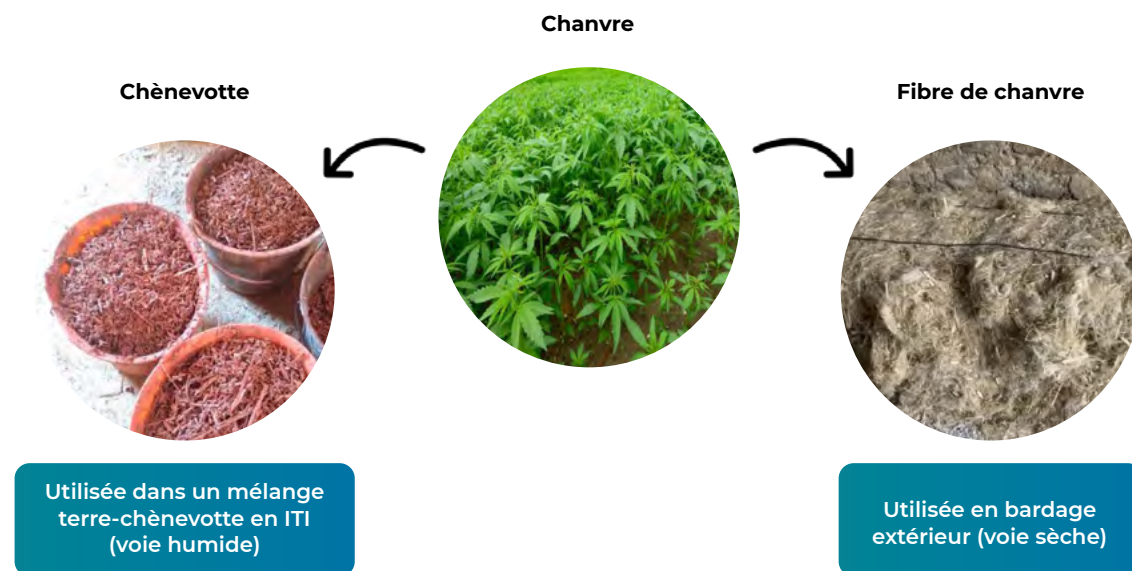
Des études spécifiques ont été conduites sur des problématiques bien ciblées afin d'aider certains groupements à opérer des choix dans la conception de leur solution et à définir des règles de dimensionnement.



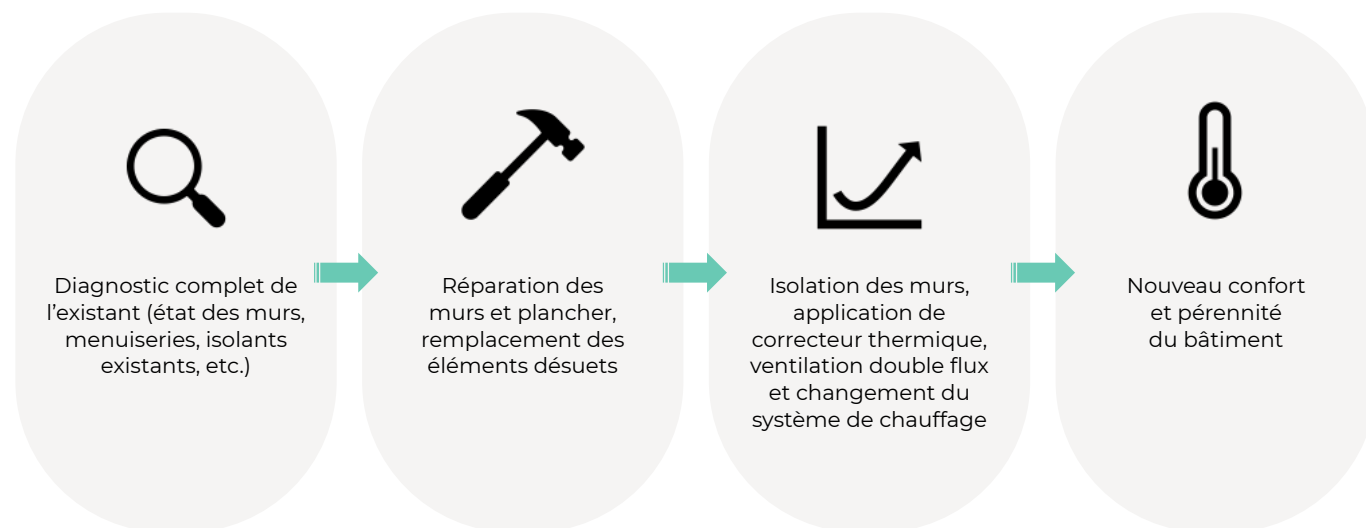
Cette fiche présente une solution, fruit d'un travail collaboratif mené dans le cadre du projet RESTORE entre l'équipe de conception et le CSTB. Elle synthétise les ressources produites dans le cadre du projet sur les volets techniques (Guide technique et Guide de mise en œuvre), performance (Guide performanciel) et répliquabilité (Guide répliquabilité).

ADN DE LA SOLUTION ENR

SOLUTION LOCALE, ÉCOLOGIQUE ET ADAPTABLE À L'ÉTAT EXISTANT



PROCESSUS



Les plus

- Ecologique (poids carbone très faible)
- Local et économique
- Intègre la réparation de l'existant

TYPOLOGIES VISÉES



A1 Maison de bourg
(avant 1915)



C2 Maison moyenne
(avant 1880)



C4 Longère à pan de bois (avant 1880)

Les solutions doivent respecter strictement les règles de dimensionnement présentées dans le [Guide technique](#). En particulier, elles ne s'appliquent que sur des murs en pan de bois, briques et pierre moyenne ou tendre (diffusion vapeur d'eau $\mu < 50$). Le dosage en terre / chanvre et les temps de séchage présentés dans le [Guide de mise en œuvre](#) doivent impérativement être respectés.

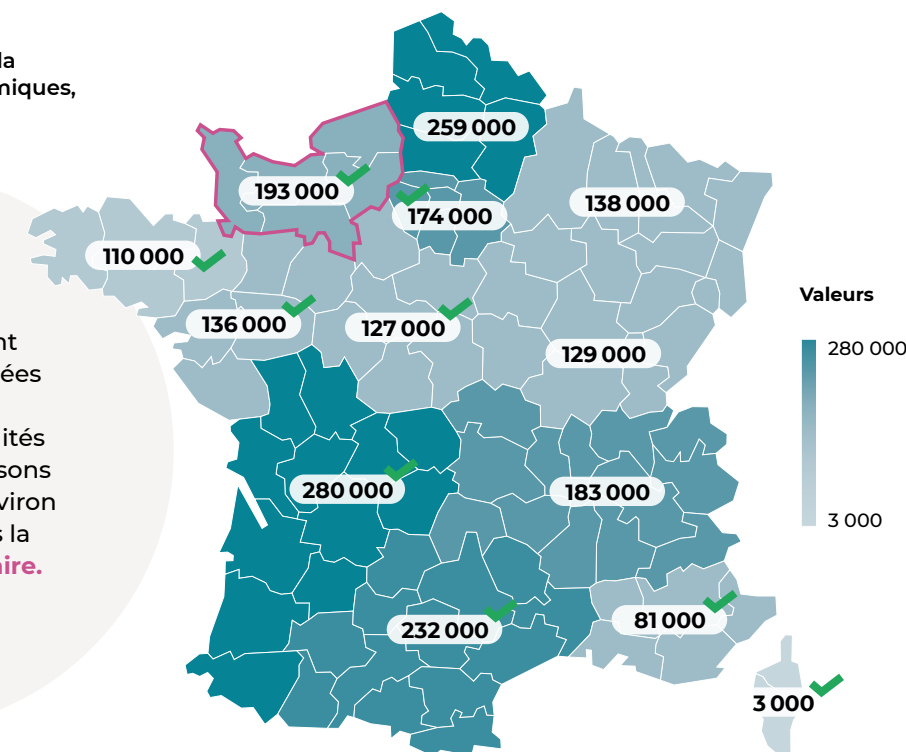
Pour en savoir plus

Consultez la classification typologique RESTORE pour une vision globale de l'approche et des typologies identifiées

GISEMENT POTENTIEL

✓ Solution adaptée au climat de la région (simulations hygrothermiques, pas de climatisation)

En 2025, le gisement total de maisons ciblées par la solution est estimé à 2 045 000 unités (~10 % du parc de maisons individuelles), dont environ 193 000 situées dans la **zone d'étude prioritaire**.



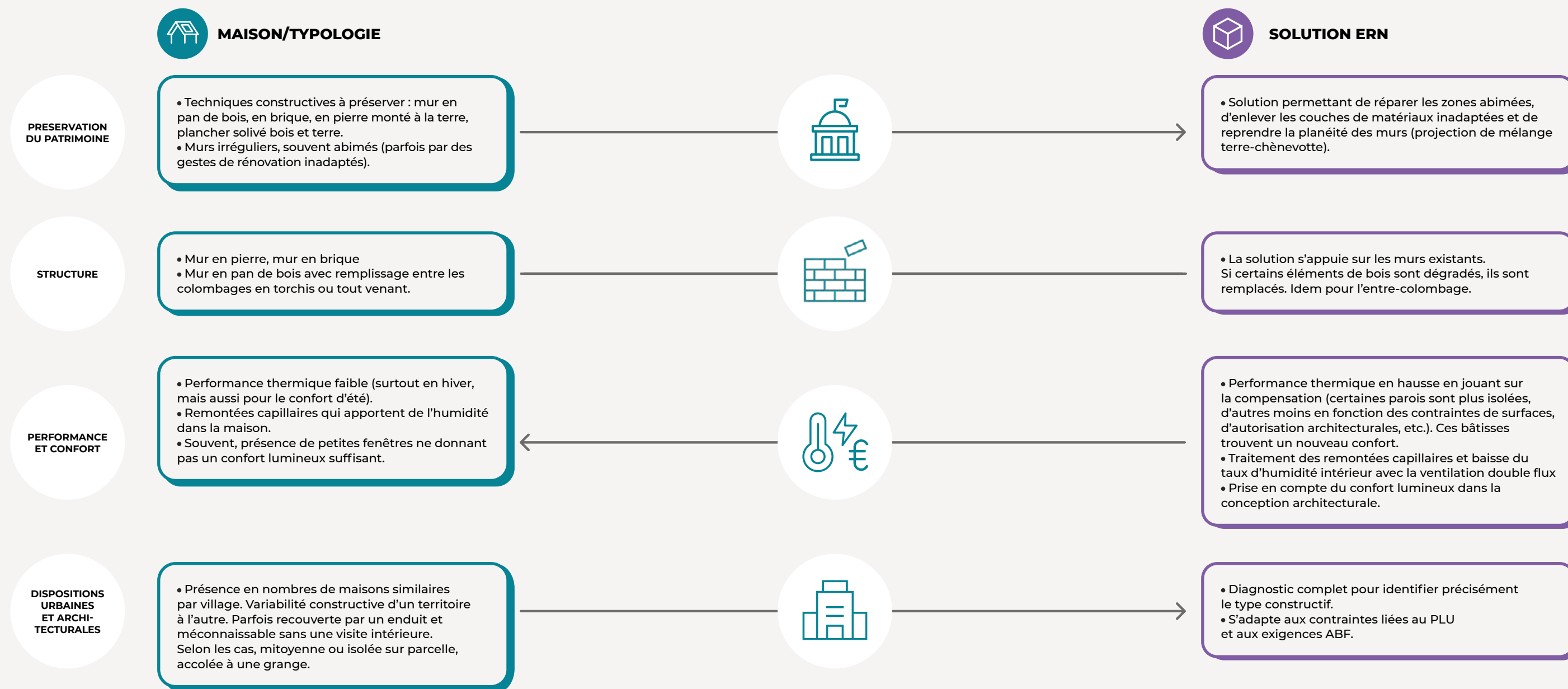
POURQUOI CETTE SOLUTION POUR CES TYPOLOGIES ?

Les maisons anciennes (avant 1914) sont généralement construites en pierre, terre et bois. Ces éléments constructifs nécessitent une attention particulière et les matériaux rapportés doivent être compatibles avec l'existant. La solution ERN s'attache à proposer ce type d'approche en la combinant avec une exigence sur l'impact environnemental et la contribution locale.

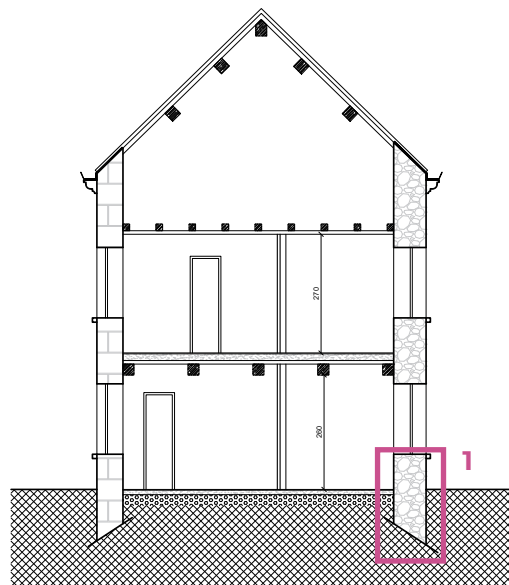
Un diagnostic complet est capital pour identifier les réparations à effectuer et trouver la solution adéquate.

Ces solutions offrent un **fort potentiel d'amélioration en matière de performance énergétique, de confort hivernal** et d'esthétique architecturale

La correspondance entre la maison et la solution est synthétisée comme-suit :



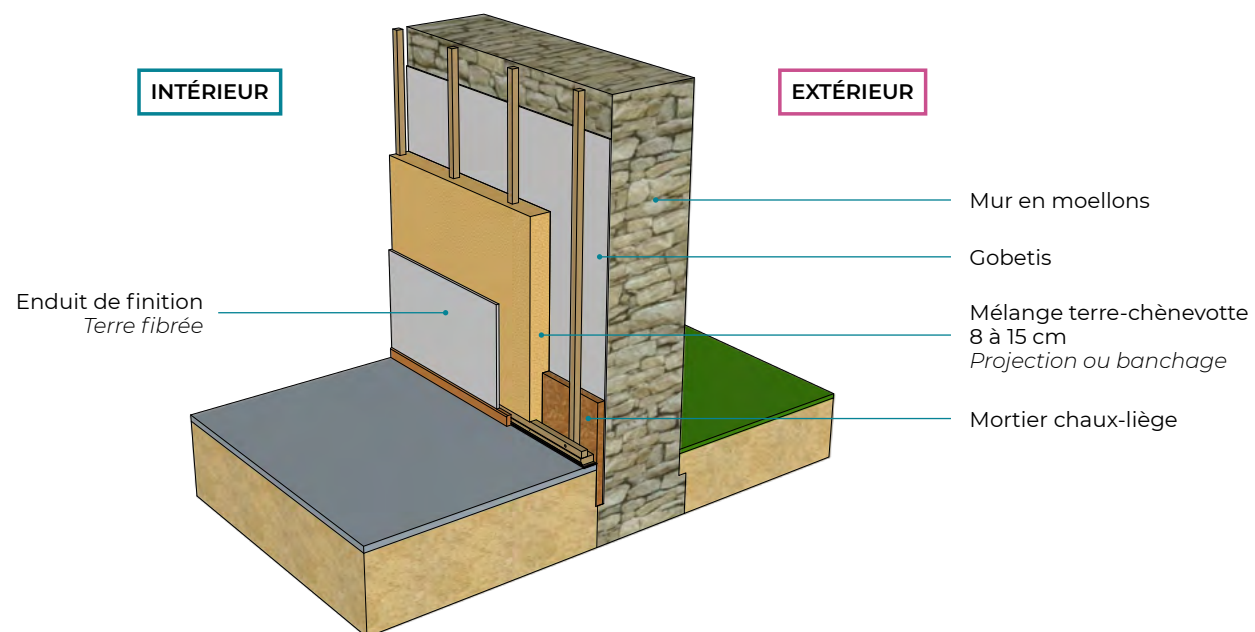
DESCRIPTION TECHNIQUE DE LA SOLUTION DE RÉFÉRENCE



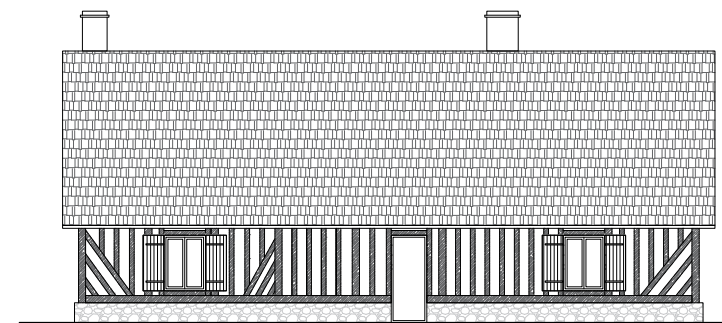
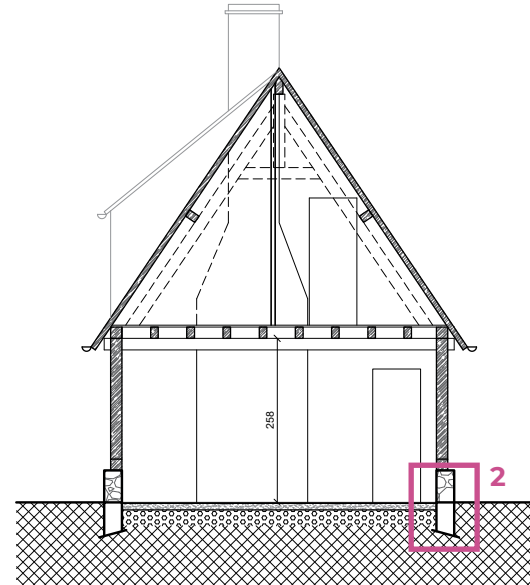
Pour en savoir plus

Consultez le Guide technique
et le Guide de mise en œuvre

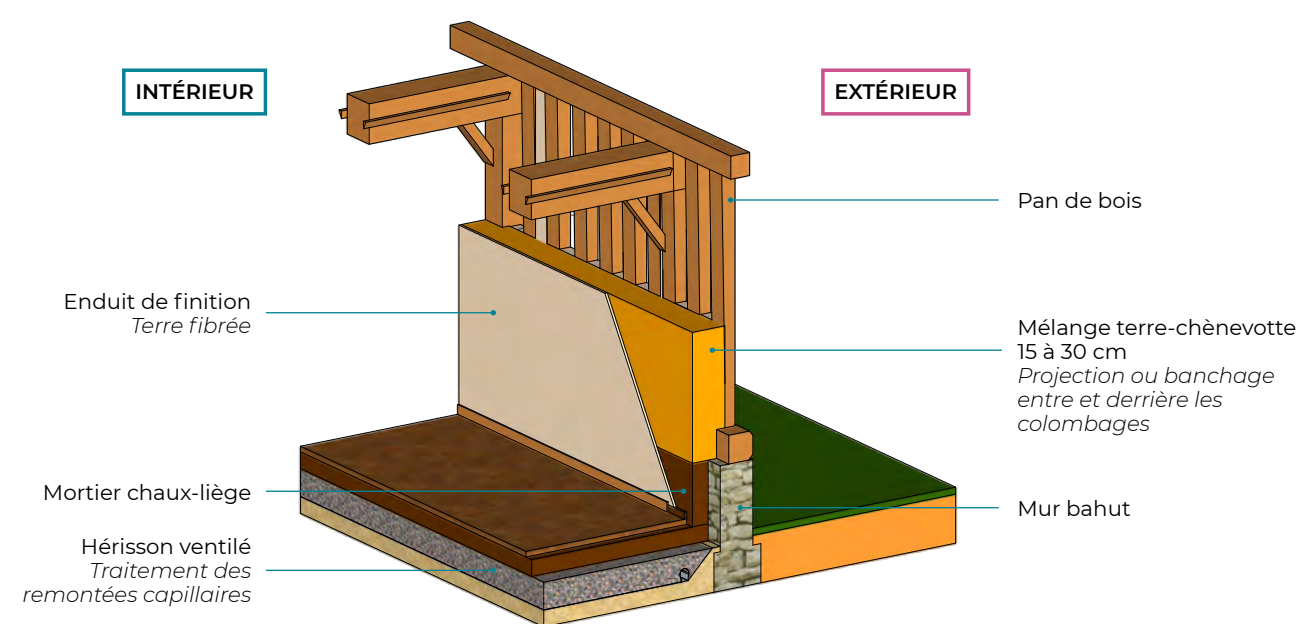
**Détail 1 : Illustration de principe de la solution (voie humide)
sur un mur en pierre* (typologie A1 ou C2)**



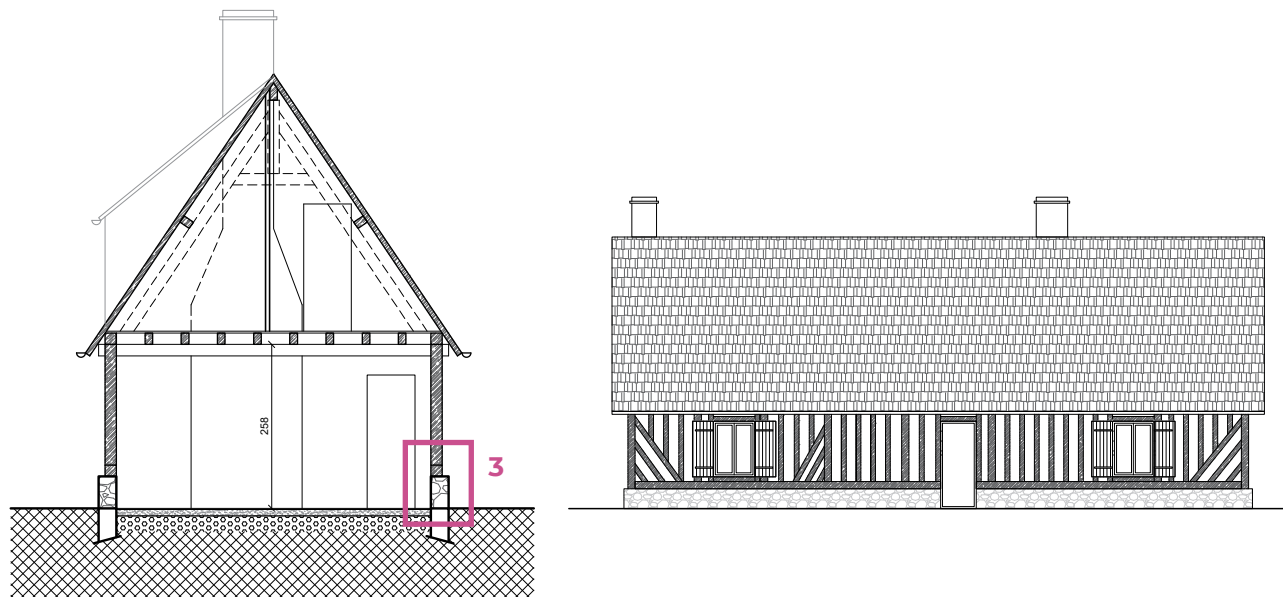
* Solution de référence adaptée en situation de zone classée ou préservée et pour les orientations les moins exposées à la pluie battante (orientation SUD et EST). Dans les autres cas une solution d'ITE avec bardage est recommandée (détails consultables dans le guide technique).



**Détail 2 : Illustration de principe de la solution (voie humide)
sur un mur en pan de bois (typologie C4)**



DESCRIPTION TECHNIQUE DE LA SOLUTION DE RÉFÉRENCE

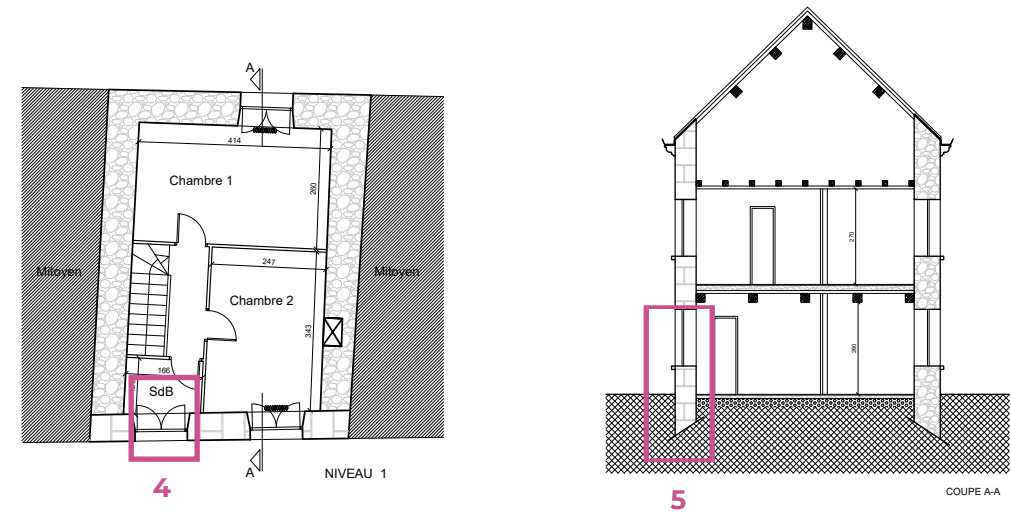
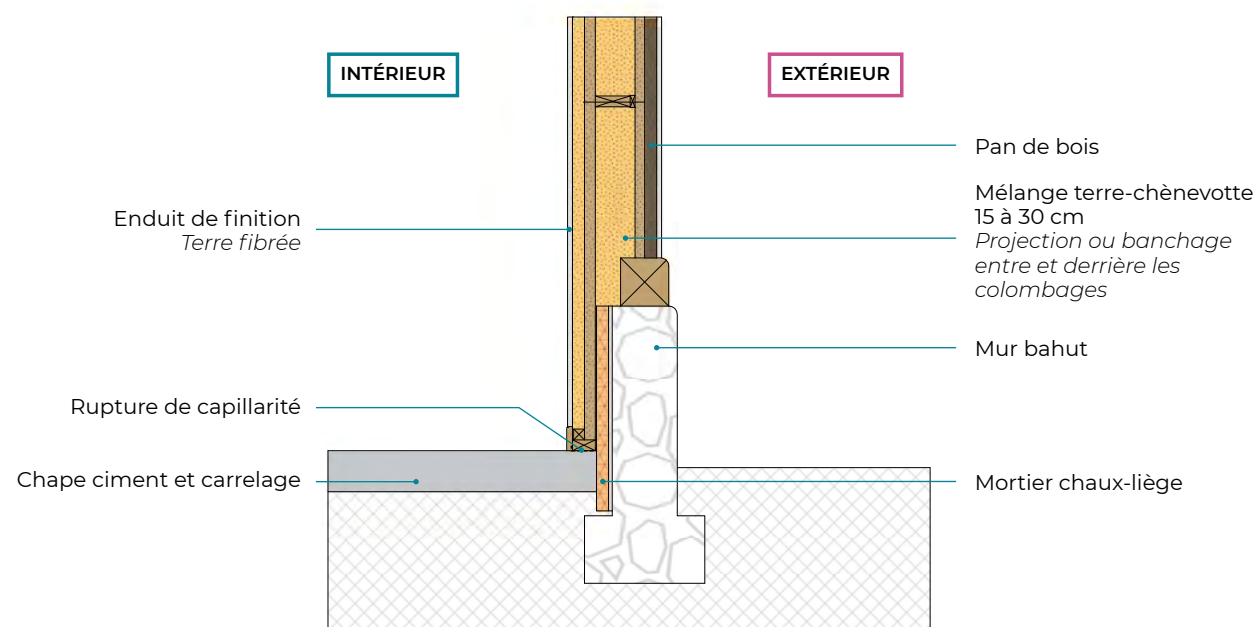


Pour en savoir plus

Consultez le Guide technique
et le Guide de mise en œuvre

Détail 3 : Traitement de l'interface mur / plancher bas (voie humide)

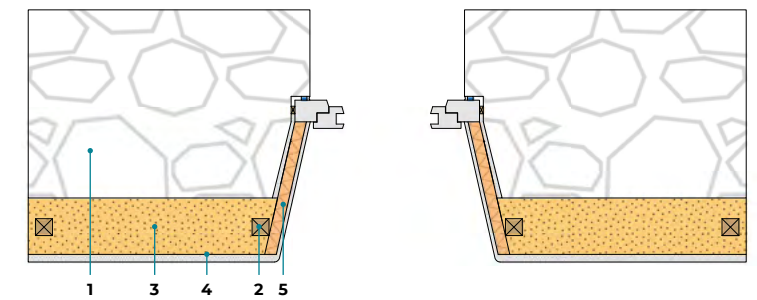
typologie C4



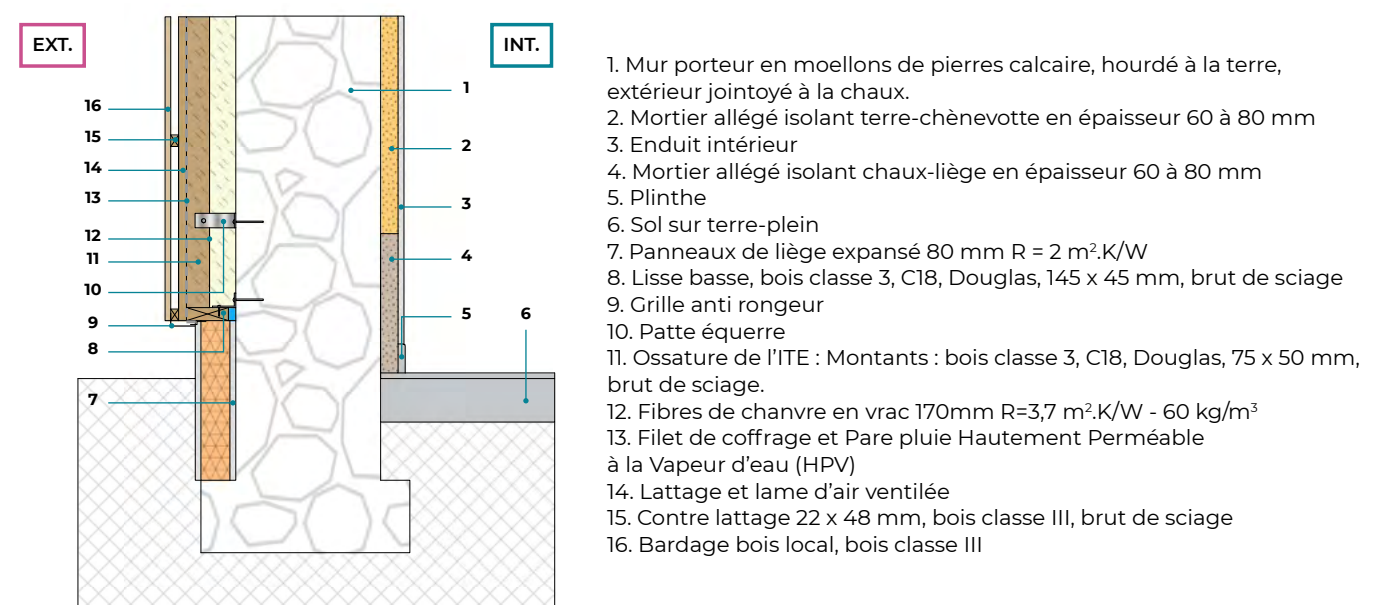
Détail 4 : Traitement de l'interface mur / menuiserie (voie humide)

typologie A1 ou C2

1. Mur en pierre
2. Ossature primaire de l'ITI
3. Mélange terre-chènevotte
4. Enduit de finition à la terre fibrée
5. Plaque de liège expansé collé à la chaux



Détail 5 : Traitement de l'interface avec le pied de mur isolé avec un mix ITI (voie humide) et ITE avec bardage (voie sèche) typologie A1 ou C2

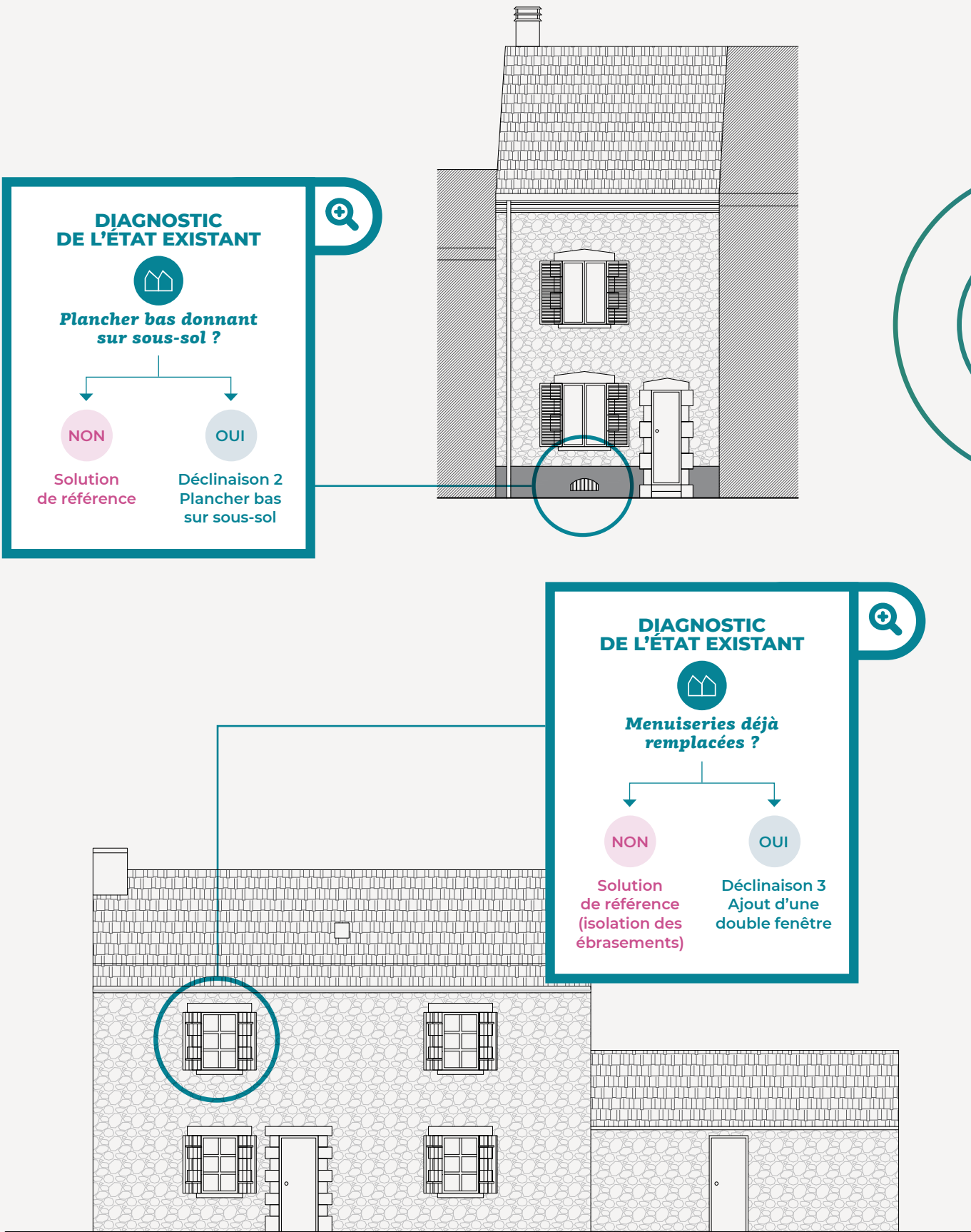


4

DÉCLINAISONS EN GAMME DE LA SOLUTION DE RÉFÉRENCE

La solution de référence ERN est déclinée en gamme pour s'adapter aux différentes situations couramment rencontrées au sein des typologies visées, à l'issu du diagnostic de l'état existant, tout en respectant le périmètre de la solution.

Trois catégories d'adaptations sont identifiées : architecturales, géographiques et celles liées aux travaux antérieurs réalisés. Un ensemble de détails techniques et de plan de pose ont été élaborés dans le Guide technique afin de faciliter l'appropriation des solutions proposées. Plusieurs exemples de déclinaisons de la solution sont présentés ci-après :



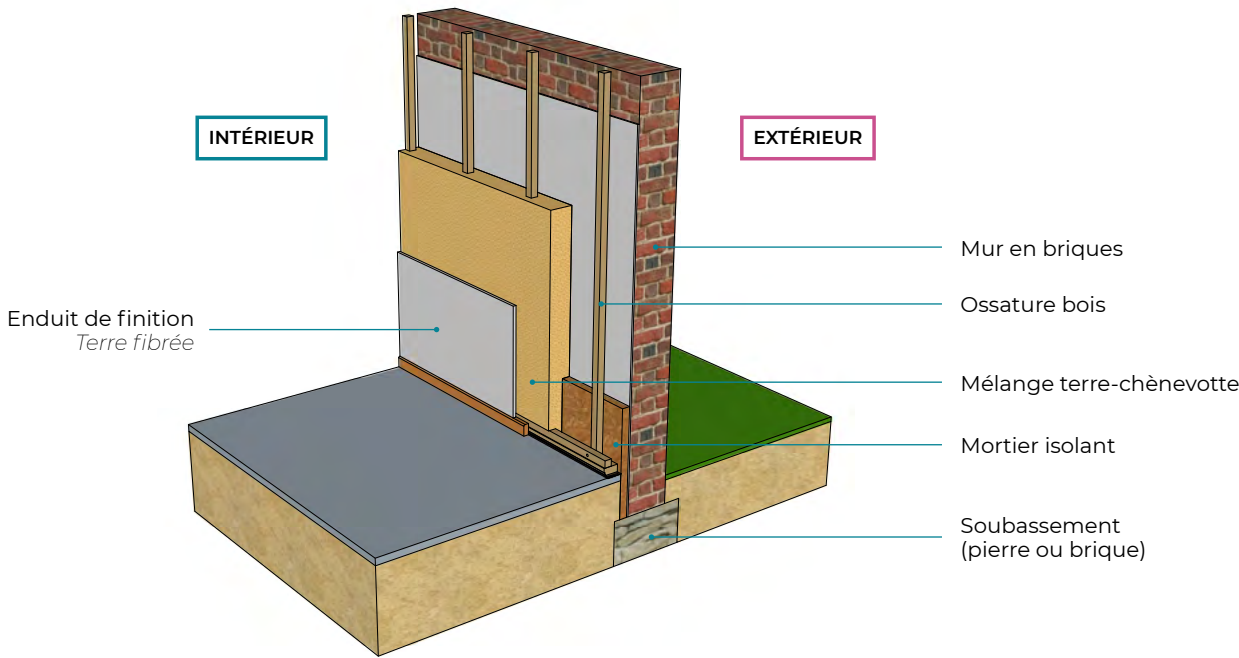
DESCRIPTION DE LA GAMME

Quelques exemples de déclinaisons de la solution de référence, présentées précédemment, entraînant une modification du principe de la solution sont illustrées ci-après.

Pour en savoir plus

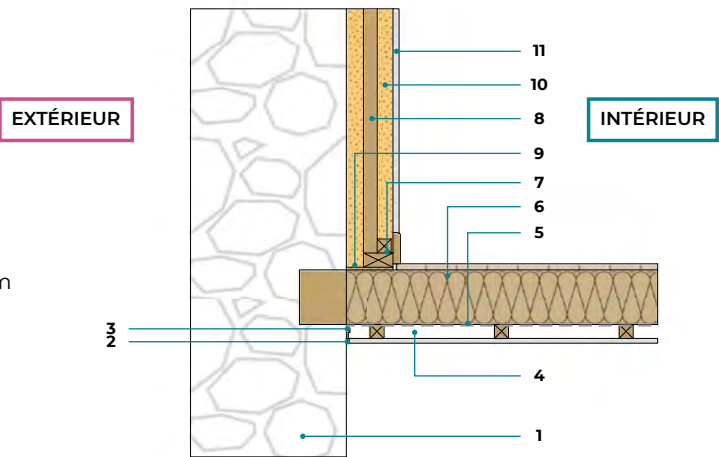
Consultez le Guide technique pour découvrir l'ensemble des déclinaisons possibles

Déclinaison 1 – Mur en brique (typologie C4)



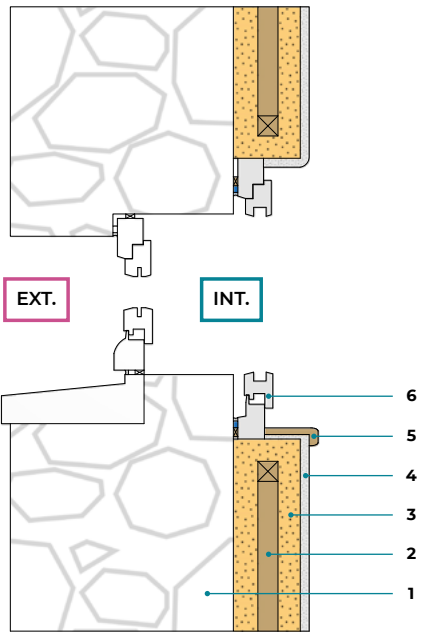
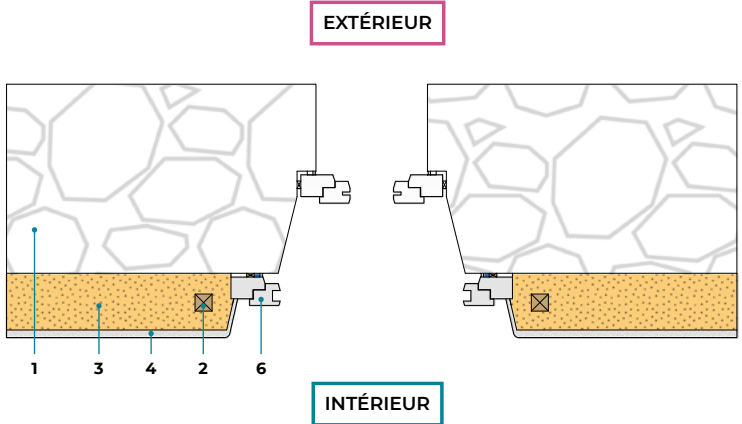
Déclinaison 2 – Plancher bas sur sous-sol (variante : PB isolé avant le mur – typologie A1, C2)

1. Mur porteur en moellons de pierres calcaire, hordé à la terre, jointoyé à la chaux
2. Joint réalisant l'étanchéité à l'air
3. Adhésif qui fait la jonction membrane HPV / mur
4. Vide technique pour le passage des réseaux
5. Membrane d'étanchéité à l'air hautement perméable à la vapeur
6. Isolant thermique
7. Lisse basse bois classe III, 45mm x 95mm
8. Ossature primaire de l'ITI : Montants : bois C18, Douglas, classe III, 45x45 mm, espacement entre montants : ≤ 60 cm
9. Panneau OSB de coffrage (perdu) inférieur du mortier isolant
10. Mortier allégé isolant terre-chênevotte
11. Enduit de finition à la terre fibrée



Déclinaison 3 – Ajout d'une double fenêtre (typologie C2)

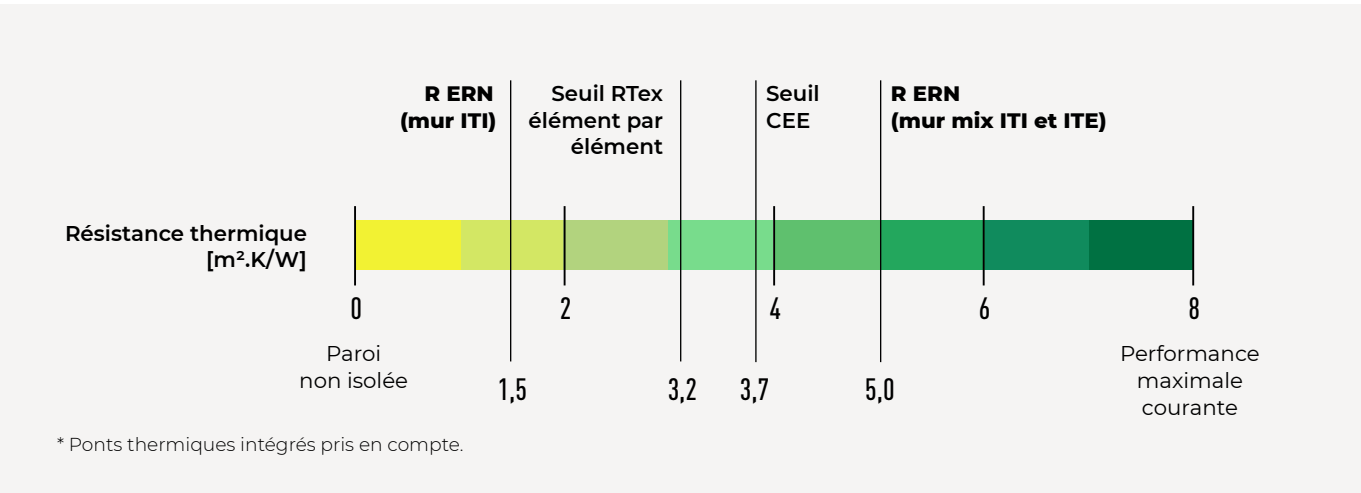
1. Mur en pierre
2. Ossature primaire de l'ITI
3. Mélange terre-chênevotte
4. Enduit de finition à la terre fibrée
5. Tablette
6. Ouvrant



PERFORMANCES DE LA SOLUTION

(illustrées sur le type C2 maison moyenne)

PERFORMANCE DE LA SOLUTION



HYPOTHÈSES DE CALCUL

Les performances présentées ci-après résultent de simulations thermiques dynamiques (STD) menées dans la zone d'étude prioritaire (H1a) et d'analyses de cycle de vie (ACV) dynamiques, réalisées par l'équipe de conception. La solution ERN cible une rénovation globale (murs, planchers, menuiseries, systèmes) avec l'objectif d'atteindre les exigences du label BBC Rénovation. Les simulations reposent sur les hypothèses suivantes :

Composant	Unité	Valeur
R mur	(m².K/W)	1,5
Ue plancher bas	(W/m².K)	0,6
R Plancher haut	(m².K/W)	7,15
Uw Menuiseries	(W/m².K)	1,4
Étanchéité à l'air Q4Pa-surf	(m³/h.m²)	1,2

Systèmes : Poêle à buche + chauffe-eau th-dyn + VMC double flux

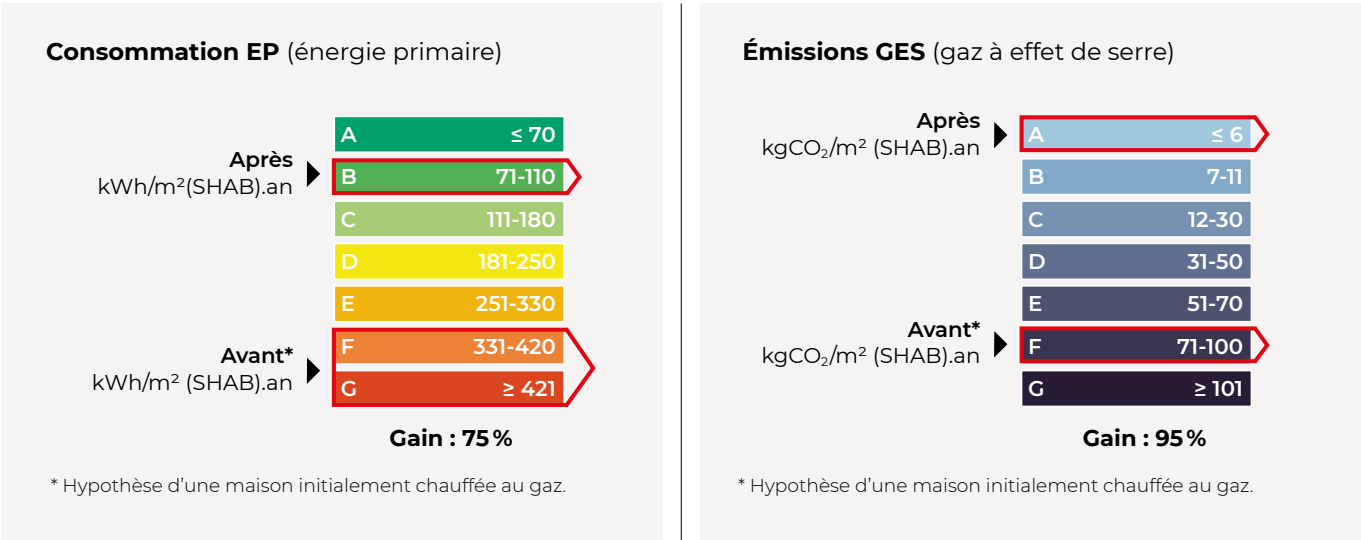
Hypothèses propres à la solution

Hypothèses prises pour compléter la rénovation globale

Hypothèse d'une étanchéité à l'air après travaux compatible avec les exigences du label BBC Rénovation

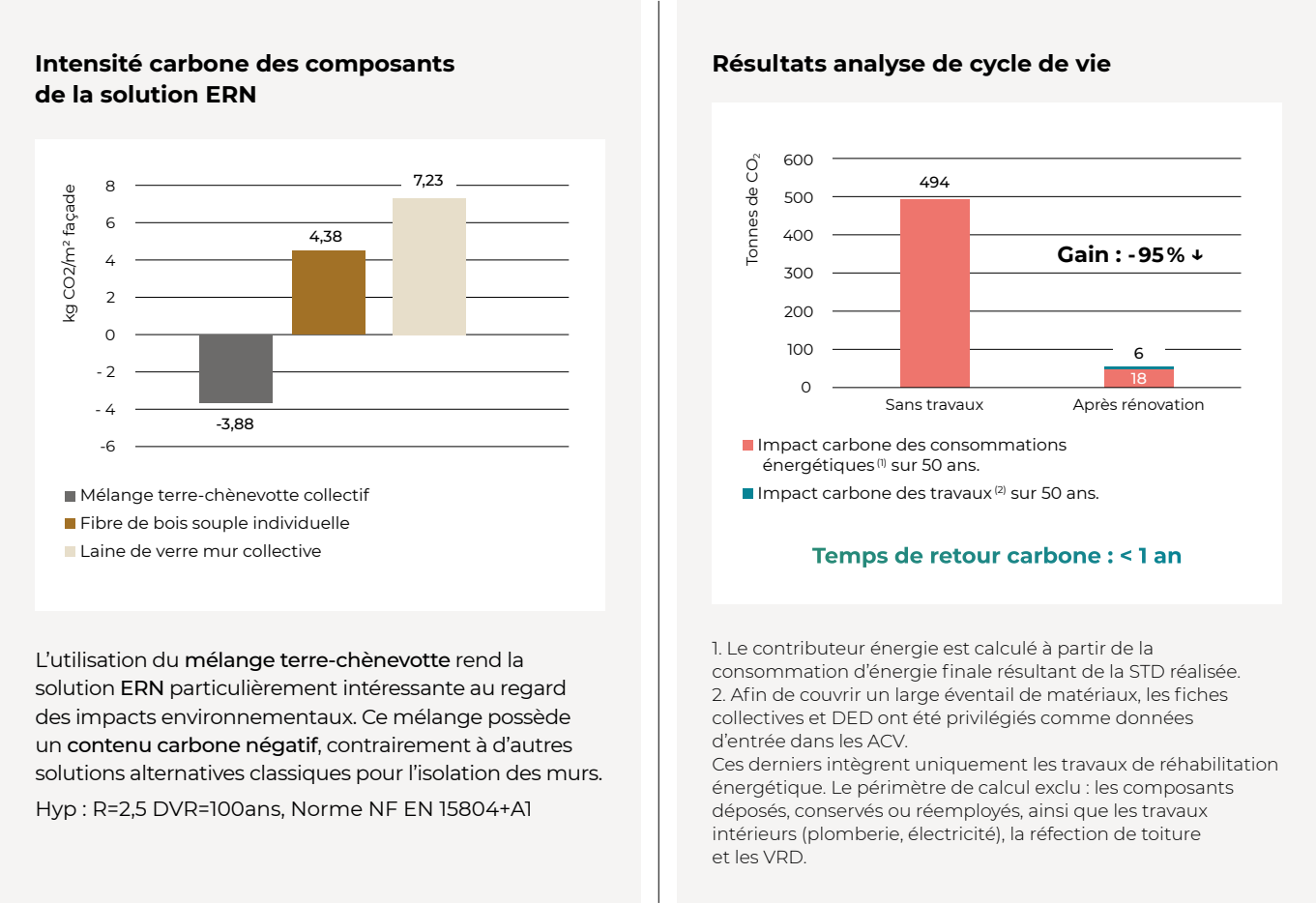
Pour en savoir plus
Consultez le Guide performanciel

DONNÉES ÉNERGÉTIQUES ET ENVIRONNEMENTALES (EN PHASE D'EXPLOITATION)



La fourchette de classe énergétique peut différer des résultats des calculs réglementaires d'audit énergétique obtenus par des simulations basées sur des hypothèses conventionnelles ou des estimations simplifiées du DPE par la méthode 3CL. Ces indicateurs pourraient présenter des variations d'une maison à l'autre de la même typologie.

EMPREINTE CARBONE DE LA SOLUTION



PERFORMANCES DE LA SOLUTION

(illustrées sur le type C2 maison moyenne)

Confort d'été

Les températures présentées ci-après résultent de simulations thermiques dynamiques (STD) réalisées par l'équipe de conception sur des fichiers météo d'une zone réputée sévère pour le confort d'été (H3), intégrant une séquence caniculaire type 2003, proche des projections de canicules moyennes à horizon 2050.

Nombre d'heures sur l'année (8760 h/an)

	Avant		Après		Réduction inconfort
	Chambre la plus favorable	Pièce de vie	Chambre la plus favorable	Pièce de vie	Pièce de vie
> 24	1151 h	874 h	852 h	606 h	- 31%
> 26	665 h	404 h	328 h	159 h	- 61%
> 28 ⁽¹⁾	272 h	89 h	32 h	9 h	- 90%
> 32 ⁽²⁾	47 h	3 h	0 h	0 h	- 100%



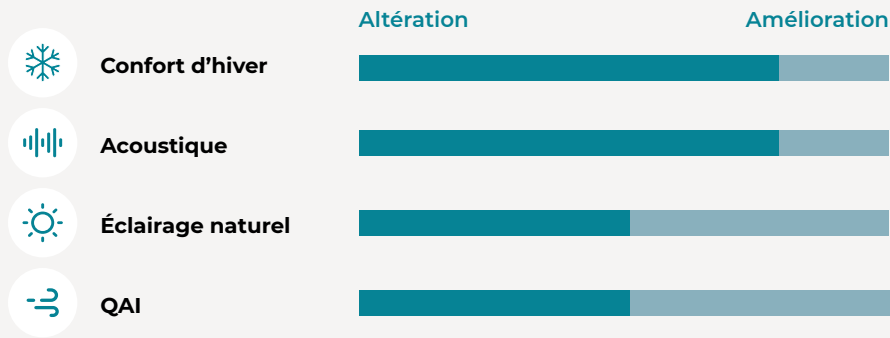
(1) Seuils d'inconfort RE2020 (le jour)



(2) Seuils sanitaires OMS (le jour)

→ Le confort d'été dépend de la qualité de l'enveloppe mais aussi du comportement de l'occupant (fermeture des volets en journée et ouverture des fenêtres la nuit)

Acoustique, éclairage naturel, QAI, confort d'hiver*



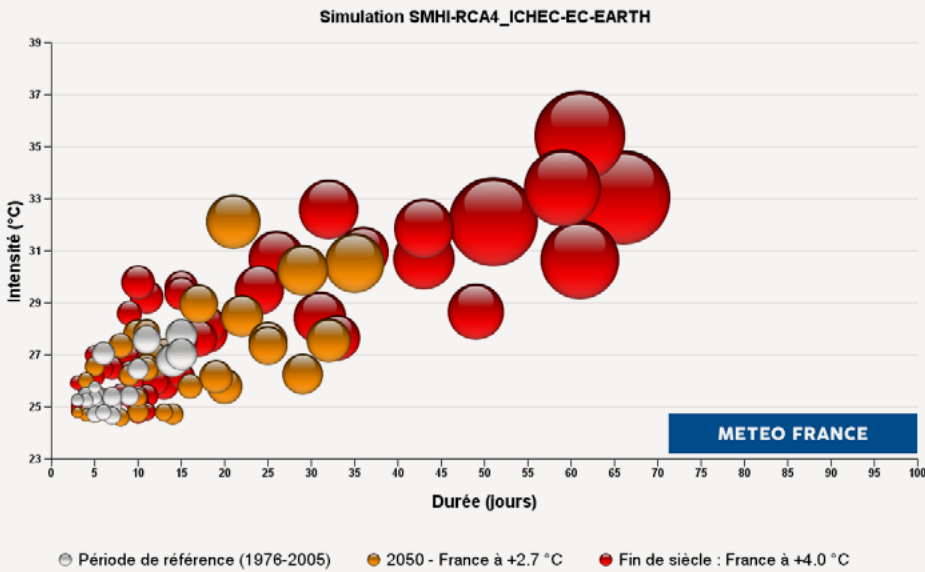
* Par rapport à la situation initial.

Pour en savoir plus
Consultez le Guide performanciel

Le changement climatique : un enjeu au-delà du confort

À l'horizon 2050 avec une augmentation de +2,7°C et +4°C* la durée et l'intensité des vagues de chaleurs seront accentuées. Les solutions de rénovation envisagées aujourd'hui doivent prendre en compte le changement climatique et son impact sur l'occupant.

Durée et intensité des vagues de chaleur en France hexagonale pour la période de référence (1976-2005) et pour deux horizons de temps de la TRACC (2050 et 2100)
Simulation climatique pour un réchauffement en France de +4 degrés depuis l'ère pré-industrielle



* Chaque bulle montre un épisode : sa position horizontale indique sa durée, sa position verticale la température moyenne du jour le plus chaud (intensité), et sa taille la quantité totale de chaleur perçue (sévérité) durant tout l'épisode.
Source : DRIAS, Les futurs du Climat

Au-delà de l'impact direct des vagues de chaleur sur le confort des occupants, le changement climatique soulève des enjeux plus larges qui influencent la conception des solutions de rénovation : des dimensions sociologiques, sanitaires, économiques et énergétiques doivent être intégrées pour garantir des réponses adaptées et durables.



Enjeu sociologique
(inégalité vis-à-vis de
l'accès aux solutions)



Enjeu sanitaire
(risques accrus pour les
populations vulnérables)



Enjeu économique
(productivité)



Enjeu énergétique
(recours à la climatisation)

RÉPLICABILITÉ DE LA SOLUTION

RÉPLICABILITÉ TECHNIQUE

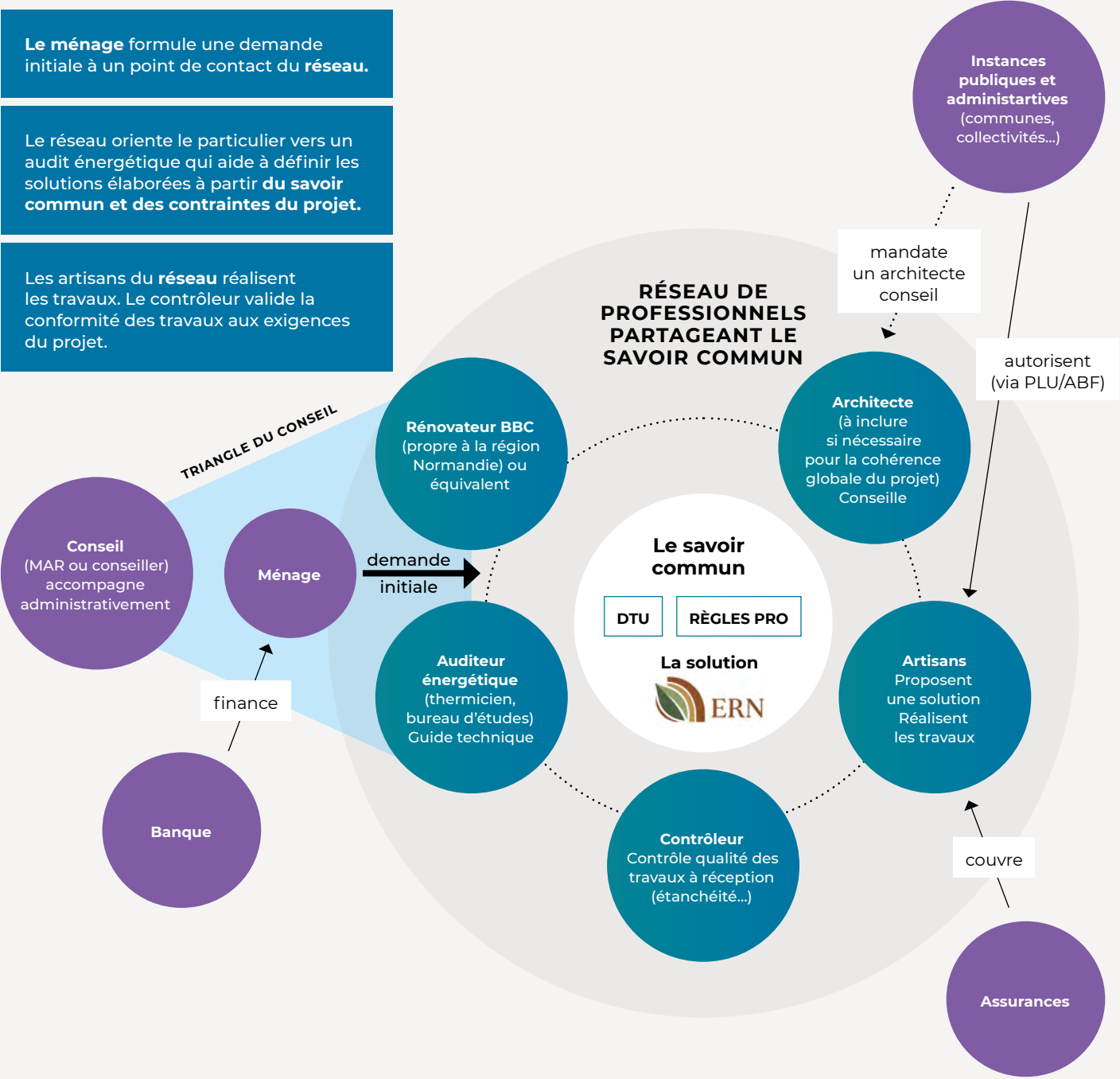
TECHNIQUE	Conception				<ul style="list-style-type: none">• Solution traitant de nombreuses spécificités issues du diagnostic initial.• Agrandissement de l'emprise sur l'intérieur.• Études hygrothermiques nécessaires pour étendre la solution à d'autres régions que la Normandie-Bretagne.
	Facilitation technique				<ul style="list-style-type: none">• Prérequis techniques bien défini avec une riche documentation (Guide technique, Guide de mise en œuvre).• Gestion des interfaces détaillées pour 6 cas.• Solution libre de droit dans une logique de massification.
	Moyens humains et logistiques				<ul style="list-style-type: none">• Techniques accessibles puisque alignées sur les compétences des maçons et des charpentiers.• Eventuel besoin d'une machine de projection.• Outillage basique.
	Durabilité				<ul style="list-style-type: none">• Peu de besoins en entretien/maintenance.
CONTEXTE	Contraintes territoriales				Ancrage territorial : <ul style="list-style-type: none">• Exploitation des compétences et installations existantes.• Gisement de matériaux locaux (excavation terre + chanvre).
	Évolution des coûts et économies d'échelles				<ul style="list-style-type: none">• Coût cible : 150 à 270€/m² de façade, avec pour objectif de réduire les coûts en favorisant l'appropriation de la solution par les artisans.
	Cadre réglementaire				<ul style="list-style-type: none">• Déclaration préalable auprès des services d'urbanisme et ABF (autorisation de bardage sur certaines façades).• Solution adaptée à une évolution des primes CEE et des aides à la rénovation vers une logique de performance globale atteinte et non d'une résistance thermique minimale de paroi.• Solution performante, mais est classée hors « techniques courantes », nécessitant une ATEx pour démontrer son aptitude à l'emploi.
SOCIAL	Personnalisation				<ul style="list-style-type: none">• Préservation voire restauration du caractère de la maison.• Solution adaptée à une certaine sensibilité écologique.
	Amélioration et avantages				<ul style="list-style-type: none">• Revalorisation architecturale (aspect visuel, confort intérieur, etc.).• Perte de surface habitable minimisée par un recours important à des isolations mixte ITI – ITE sur certaines orientations.
	Gestion des nuisances				<ul style="list-style-type: none">• Travaux non réalisables en site occupé.• Gène minime pour le voisinage.

Frein à la réplabilité Réplabilité facilitée

Pour en savoir plus
Consultez le Guide réplabilité

MODÈLE DE PORTAGE À MOYEN TERME

La solution développée par l'équipe ERN est mise en œuvre par les artisans de proximité (maçons, charpentiers, etc.). Ces artisans font partie d'un Réseau de professionnel partageant un Savoir Commun et servant de relais. N'importe quel artisan du réseau est un point de contact pour le particulier.



À savoir

- L'offre ERN repose sur :**
- Une documentation claire et partagée des techniques
 - La formation des artisans et la diffusion des connaissances
 - Un réseau de MOE, d'artisans et de producteurs de matière première

ENSEIGNEMENTS ET APPORTS DU PROJET RESTORE



BATIDERM INGENIERIE

Jean HOURANY

“ Ce projet a été une opportunité de travailler en équipe entre professionnels pour relever le défi de documenter de A à Z des techniques de rénovation globales en utilisant des matériaux biosourcés peu transformés. La vigilance des ingénieurs du CSTB nous a permis de prioriser les solutions les plus robustes par rapport au risque humidité. Elle nous a en outre poussé à nous donner les moyens de structurer, consolider et mobiliser nos compétences en simulation hygrothermique dynamique, compétences à même de valider les solutions techniques proposées.



BATIR EN TERRE

Julien LUCAS

“ Le programme RESTORE nous a permis de réfléchir et de statuer sur des techniques que nous expérimentons au quotidien et depuis de nombreuses années, à savoir l'utilisation du chanvre et de la terre sous différente forme en construction neuve et en rénovation. Ce programme nous offre une respiration, un temps de pause, afin de mieux définir nos chemins de réflexions et repenser notre arbre de prise de décision. Celui-ci amène à choisir d'abord une technique plus qu'une autre puis à statuer sur les modalités de conception. Nous souhaitons vivement que ce travail permette à d'autres acteurs du bâtiment de s'approprier ces techniques en alliant performance thermique, durabilité et respect de l'environnement.



AGENCE D'ARCHITECTURE ET D'URBANISME

Nicolas KNAPP

“ Le travail d'analyse de nos acquis et méthodes auquel nous nous sommes livrés dans le cadre du programme RESTORE, de rigueur dans nos préconisations et d'interrogation sur leur justification, de précision dans les réponses aux questions soulevées par les experts du CSTB, nous a permis d'explorer dans les détails les solutions proposées ici. Elles prennent en compte aux côtés des performances techniques, environnementales et économiques recherchées, l'architecture des bâtiments étudiés. Habitabilité, lumière naturelle, acoustique, matériaux et ouvrages existant (menuiseries, revêtements de sol, modénatures...), « ambiance » des lieux sont autant d'éléments à ne pas oublier dans l'arbitrage que tout projet nécessite pour répondre à des objectifs parfois contradictoires. Analyser leur architecture, leur fonctionnement leur histoire est impératif pour rendre mieux habitables demain ces bâtiments anciens.



LES CHANTIERS DE DEMAIN

Jean-Baptiste ROUZIN

“ Le projet RESTORE nous a offert l'opportunité d'approfondir et d'optimiser les techniques et savoir-faire que notre coopérative met en œuvre depuis près de dix ans. L'accompagnement dont nous avons bénéficié nous a permis de mobiliser l'expertise du CSTB sur les problématiques liées à l'humidité des parois, contribuant ainsi au renforcement de nos compétences et à une définition plus précise du champ d'application de nos solutions.



Analyses de risque hygrothermique

Une étude a été réalisée à l'aide du logiciel WUFI afin d'analyser les potentiels risques liés aux transferts hygrothermiques (condensation et apparition de pathologies type moisissures) dans la solution de rénovation proposée. Cette étude a permis d'écarter le risque sous réserve d'une réalisation soignée, et est valable dans les conditions d'étude (climat, matériaux et épaisseurs des caissons et des parois existantes, etc.).



Les limites de l'accompagnement CSTB

L'accompagnement dans RESTORE ne constitue pas une preuve de l'aptitude à l'emploi des solutions. Il s'agit d'avis d'experts du CSTB qui ne se substituent pas à un avis formulé par un comité d'experts de type : comité de normalisation, commission d'ATEX, règles professionnelles, groupe spécialisé.

Pour en savoir plus

Guide technique
Guide de mise en œuvre
Guide performanciel
Guide répliquabilité

LE PROJET RESTORE

CONTEXTE ET OUTILS

Issu du programme PROFEEL, le projet RESTORE présente des solutions innovantes de rénovations, qui seront hébergées sur la plateforme Pro'Réno.

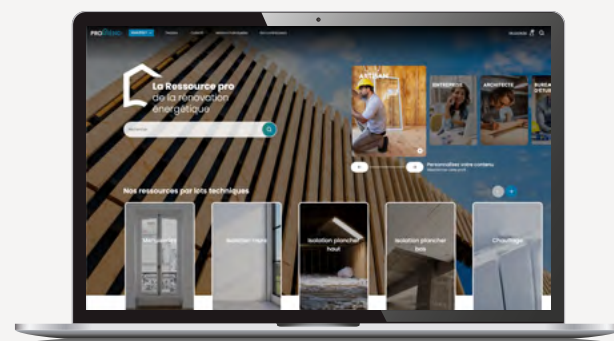


PROFEEL

Des outils et solutions innovants au service de la rénovation

Le programme PROFEEL, ce sont 8 projets compris entre 2022 et 2025 (dont le projet RESTORE) pour faciliter et fiabiliser la rénovation énergétique des bâtiments existants. Autant de défis qui symbolisent l'engagement de notre filière, celle du bâtiment, à répondre aux enjeux de la transition énergétique. Les 3 points importants sont la bonne connaissance du parc, la fiabilisation et la massification de la réhabilitation performante et enfin l'accompagnement des solutions innovantes dans l'acte de réhabiliter. Ce programme est financé dans le cadre du dispositif des CEE.

Pour en savoir plus
www.programmeprofeel.fr



PRO'RENO

La ressource professionnelle de la rénovation énergétique

Pro'Réno est une plateforme pour accéder aux ressources PROFEEL, et notamment à l'ensemble des documents produits dans le cadre de RESTORE.

Pour en savoir plus
www.proreno.fr



RESTORE

Déployer des solutions intégrées et innovantes pour la rénovation performante des maisons individuelles

Développer et fiabiliser, à l'aide notamment de chantiers de référence, de nouvelles solutions innovantes et répliquables de réhabilitation de maisons individuelles à destination de groupements professionnels. RESTORE fait suite au projet RENOSTANDARD. Les cibles principales sont les artisans, les entreprises de travaux, les maîtres d'œuvres, les concepteurs d'innovations de solutions technique et les professionnels de l'accompagnement. Le but est d'outiller ces intervenants sur toute la durée du projet de rénovation d'une maison.

Pour en savoir plus
• Consultez le site web
• Regardez la vidéo de présentation



LES SOLUTIONS DÉVELOPPÉES PAR RESTORE



D'autres solutions ont également été développées dans le cadre de RESTORE.

Pour en savoir plus consultez les fiches

- Solution MORICE
- Solution Dorémi
- Solution CREALED
- Solution Élément'R



Un outil rapide d'auto-évaluation de solution de rénovation a été développée pour RESTORE.

Pour en savoir plus
Consultez l'Autodiagnostic de réplabilité



Une étude a été lancée pour caractériser les cibles des solutions RESTORE.

Pour en savoir plus
Consultez la Caractérisation des cibles des solutions RESTORE - Pro'Réno



L'ensemble des typologies des maisons individuelles est à retrouver en ligne.

Pour en savoir plus
Consultez la Classification typologique RESTORE



Un état des lieux et une analyse des perspectives pour la filière artisanale de la préfabrication ont été réalisés pour RESTORE.

Pour en savoir plus
Consultez La préfabrication pour la rénovation des maisons individuelles en France : état des lieux, potentiel et perspectives pour la filière artisanale.



Grâce à la BDNB, il est possible de retrouver la typologie d'une maison individuelle en se basant sur différents critères.

Pour en savoir plus
Saisissez l'adresse de la maison sur Go-Rénove



PARTENAIRES PROFEEL

Pouvoirs publics



DGEC
DHUP

Porteurs



Financeurs



Filière bâtiment



Dans le cadre d'un chantier de construction ou de rénovation, plusieurs assurances sont obligatoires ou fortement recommandées, tant pour le maître d'ouvrage que pour les entreprises de construction et la maîtrise d'œuvre.



Maîtrises d'ouvrage

- Souscrire une **assurance Dommages-ouvrage (DO)** est obligatoire. Cette assurance préfinance, sans recherche de responsabilité, les travaux de réparation des dommages relevant de la garantie décennale des constructeurs.
- Vérifier que les entreprises missionnées sont bien couvertes par leur responsabilité civile décennale pour les lots techniques dont ils ont la responsabilité.



Entreprises de construction et maîtrise d'œuvre (architectes, BET...)

- Détenir une **assurance responsabilité civile décennale** pour les lots techniques dont ils ont la responsabilité ainsi qu'une **assurance responsabilité civile professionnelle (RC Pro)**.
- Pour la mise en œuvre ponctuelle de Techniques Non Courantes, se rapprocher de son assureur pour déterminer les options disponibles et obtenir une couverture adéquate.

Note : d'autres assurances (tous risques chantier, RC exploitation...) sont également vivement recommandées.

Pour toute demande d'information sur le projet
restore@cstb.fr