

« Partager ce que l'on sait
et apprendre du savoir des autres »



REPORTAGE CHANTIER

Rénovation d'une maison familiale en pisé La chapelle de la Tour (38)

___ Zoom sur : La rénovation pisé _____

- Consolidation des murs en pisé _____ p.7
- Percée et agrandissement des ouvertures _____ p.11
- Application de l'enduit Diathonite _____ p.12

Les témoignages - les détails constructifs - les photos de chantier

Centre d'échanges et de ressources pour la qualité environnementale des bâtiments et des aménagements en Rhône-Alpes

Ce livret présente le reportage chantier d'une maison familiale en pisé, réalisé par Ville et Aménagement Durable. Il a été établi sur la base de visites de site réalisées entre mai et juillet 2013, puis d'échanges avec les différents acteurs du projet, en particulier : M. FRENOT de BATIPASSIF, M. DEROLLEZ de NATURABATI, M. RICHARD et Mme AULAS, maîtres d'ouvrage ainsi que Mme DAUTEL de l'ATELIER DE GEO ET BIO. Nous remercions l'ensemble de ces personnes pour leurs contributions au reportage. Les informations qu'il contient n'engagent en rien les acteurs du projet.

Source photo (sauf mention contraire) : VAD

SOMMAIRE

FICHE D'IDENTITÉ DU PROJET	03
LE CHANTIER	04
LES GRANDS CHOIX DE CONCEPTION	05
ZOOM SUR : LA RENOVATION PISE	
1) Le pisé	07
2) Consolidation des murs en pisé	08
3) Percée des nouvelles ouvertures et agrandissement des fenêtres	11
4) Pose de l'isolant en liège de marque Diathonite	12
CONCLUSION	15
POINTS CLÉS	15
ALLER PLUS LOIN	15

LES REPORTAGES CHANTIER VAD permettent de traiter une opération de construction ou de réhabilitation de bâtiments performants en phase mise en œuvre et de faire des zooms sur des phases spécifiques (pose des balcons désolidarisés, mise en œuvre de l'étanchéité à l'air, de l'isolation, etc.) du chantier. Ils sont illustrés par des photos de chantier, des plans et schémas techniques et complétés par l'expertise des acteurs du projet.



D'autres reportages seront réalisés par Ville et Aménagement Durable. N'hésitez pas à nous contacter si vous souhaitez nous informer d'un projet pouvant faire l'objet d'un reportage.

Retrouver ce reportage sur notre site internet :
www.ville-amenagement-durable.org
et sur l'enviroBoite : www.enviroboite.net

FICHE D'IDENTITÉ DU PROJET

MAISON FAMILIALE EN PISÉ



L'opération a pour objectif la rénovation d'une maison familiale en pisé, sur la commune de la Chapelle de la Tour. La maison existante est composée d'une partie habitation et d'une partie grange qui seront toutes les deux entièrement réhabilitées.

Les diverses actions menées consistent à consolider les murs existants en pisé, à reconstruire la charpente, à renforcer l'isolation des parois extérieures et à remplacer des systèmes vétustes par des équipements plus performants. Le projet se veut à caractère environnemental en conservant un maximum l'existant et par l'utilisation de matériaux bio-sourcés, issus de la parcelle.

SURFACE :

Existant : 111 m² SHON
Réhabilitation : 184 m² SHON

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES ET ENVIRONNEMENTALES :

Isolation parois : Isolation extérieure perspirante (perméable à la vapeur d'eau mais étanche à l'air) par enduit d'isolation thermique à base de liège de marque Diathonite de 4 cm
Toiture : Isolation extérieure en sarking par caisson rempli de ouate de cellulose de 240 mm
Vitrages : Fenêtre double vitrage à lame d'argon posée au nu intérieur sur menuiserie en bois de mélèze. Protections solaires par volets extérieurs

opaques
Plancher bas : Deux couches croisées de liège de 4 cm d'épaisseur sur terre plein
Traitement des ponts thermiques : Traitement du pont thermique des sablières par un caisson de bois rempli de chènevotte
Ventilation : Ventilation Mécanique Contrôlé de type Hygro B
Chauffage : Chaudière à granulés de bois Ökofen Pellematic de 15 kW, silo

textile référence S220H, émission au rez-de-chaussée par plancher chauffant et à l'étage par radiateur en fonte.
Eclairage : Deux puits de lumière apportant un éclairage naturel supplémentaire sans les contraintes de surchauffes

PERFORMANCES ÉNERGÉTIQUES :

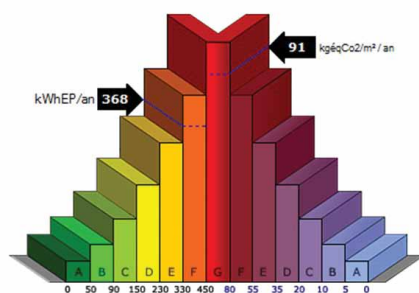
Cep initial = 368 kWh_{EP}/m².an
Cep final = 123 kWh_{EP}/m².an
Cep chauffage = 77 Wh_{EP}/m².an
Cep ECS = 27 Wh_{EP}/m².an
Cep éclairage = 16 Wh_{EP}/m².an
Cep auxiliaires = 3 Wh_{EP}/m².an

COÛTS :

Coût des travaux : 186 000 €TTC

Bilan Énergétique
TOTAL MWhEP/an : 73,68
TOTAL kWhEP/m².an : 368,38

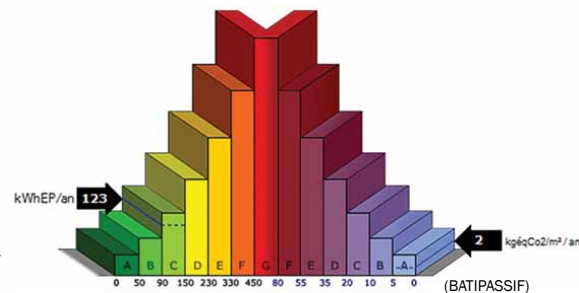
Bilan CO2
TOTAL (tonnes) : 18,22
TOTAL (kg/m²) : 91,1



Bilan en énergie primaire de l'état initial

Bilan Énergétique
TOTAL MWhEP/an : 24,61
TOTAL kWhEP/m².an : 123,07

Bilan CO2
TOTAL (tonnes) : 3,29
TOTAL (kg/m²) : 1,65



Bilan en énergie primaire de l'état final (BATIPASSIF)

Phase diagnostic-conception : mars 2012 à décembre 2012
Démarrage des travaux : mars 2013
Livraison : prévue fin septembre 2013

AVANT RÉHABILITATION :



1. Façade Nord . 2 et 3. Façade Sud
4. Façade Ouest

(source : F.DAUTE)

PENDANT LA RÉHABILITATION :



UNE RÉNOVATION ÉCOLOGIQUE AUX MULTIPLES FACETTES

La rénovation de cette maison familiale a plusieurs ambitions :

- Garder un maximum l'existant et l'âme de la maison ; limiter la destruction en valorisant l'aspect original de la construction
- Utiliser des matériaux récupérés à même la parcelle.
- Utilisation de matériaux bio-sourcés à très faible énergie grise (chanvre, liège, terre ...).

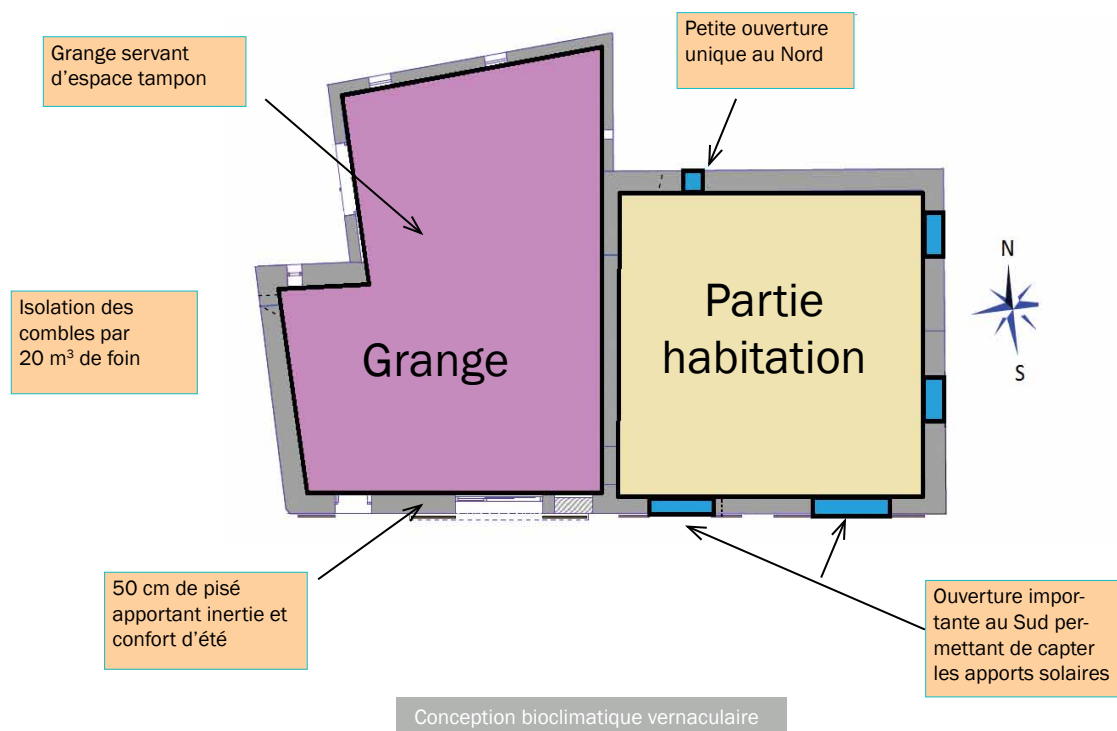
« Pour la rénovation de la maison, il nous semblait indispensable d'utiliser des matériaux écologiques et naturels afin de préserver l'ambiance originelle de l'habitation. Par exemple, la terre décaissée lors de la mise en place du plancher chauffant a été réutilisée pour la consolidation des murs. »

M. RICHARD et Mme AULAS – Maîtres d'Ouvrage

UNE ARCHITECTURE BIOCLIMATIQUE RENFORCÉE

De part son architecture vernaculaire basée sur les connaissances intuitives de nos ancêtres du milieu et du climat, la maison présente initialement une bonne conception bioclimatique qui lui permet de se protéger contre les rigueurs climatiques :

- L'orientation Nord-Sud de la maison permet au Sud de capter la chaleur du soleil par les ouvertures, tandis qu'au Nord une seule petite ouverture permet de limiter les déperditions thermiques et de se protéger des vents froids.
- L'ancienne grange positionnée à l'Ouest de l'espace de vie sert d'espace tampon.
- Les combles perdus servent d'espaces pour l'isolation (environ 20 m³ de foin se situent dans les combles perdus).
- La forte épaisseur des parois de pisé fonctionne comme une grosse éponge qui par perspiration sur les périodes de chaleur permet de garantir un confort d'été optimum dans le bâtiment.



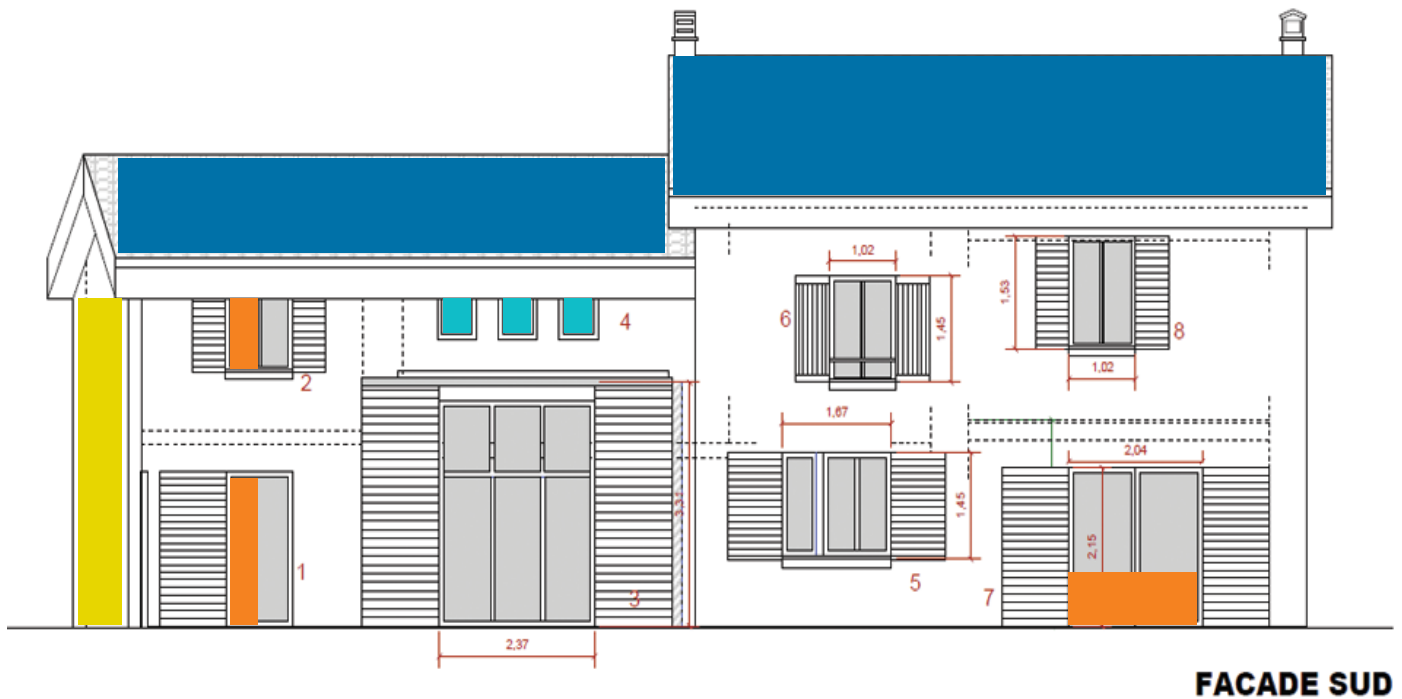
STRATÉGIE DE RÉNOVATION





Afin de renforcer cette conception bioclimatique et de conforter le caractère passif du bâtiment, les choix techniques suivants ont été réalisés :

- Agrandissement des surfaces vitrées au Sud afin d'augmenter les apports solaires gratuits
- Isolation thermique extérieure des façades Est, Ouest et Nord pour limiter les déperditions thermiques.
- Isolation des planchers hauts en « sarking » par caisson

remplis de ouate de cellulose de 24 cm et des planchers bas par deux couches croisées de 4 cm de liège.

- Mise en place de menuiseries performantes avec double vitrage sur châssis bois.
- Application d'un enduit chaux sur la façade Sud afin de continuer de profiter des apports solaires et du déphasage dû à la forte épaisseur des murs en pisé.



-  Agrandissement des ouvertures et vitrage performant
-  Création d'ouvertures
-  Isolation des murs Nord, Ouest et Est par 4 cm d'isolant liège
-  Isolation Sarking de la toiture par 24 cm de ouate de cellulose

Stratégie de rénovation (F.DAUTEL)

1) LE PISE

A. CARACTÉRISTIQUES MOYENNES DU PISÉ

Les caractéristiques suivantes sont une moyenne : chaque pisé est unique car il dépend de la composition de la terre du terrain avec laquelle il est fabriqué.

Résistance mécanique	
Force de compression	20 bar
Force de traction	de 5 à 10 bar
Force de flexion	de 5 à 10 bar
Cisaillement	5 bar
Caractéristiques physiques	
Conductivité thermique	0,8 à 1,1 W/mK
Masse volumique	1 620 kg/m ³
Chaleur spécifique	830 J/kg.K
Capacité thermique volumique	510 Wh/m ³
Perméabilité à la vapeur d'eau	$\mu = 9 \text{ à } 11^*$
Déphasage	10 à 12 heures (pour un mur de 40 cm)

(source : Wikipedia)

*une valeur inférieure à 10 correspond à une bonne diffusion de la vapeur d'eau. Exemple : $\mu_{\text{métaux}} = \text{infini}$, $\mu_{\text{bois}} = 370$.

B. LE PISÉ : UN MATERIAU HYGROSCOPIQUE

Le pisé est considéré comme un matériau très hygroscopique, c'est-à-dire qu'il possède une forte capacité à stocker et déstocker de l'humidité en son sein lorsque l'humidité relative de l'air varie. Le pisé est ainsi considéré comme un matériau à changement de phase puisqu'en été, l'eau contenue dans le mur se vaporise tandis qu'en hiver elle se condense. Cette caractéristique du pisé permet d'apporter un confort d'été optimal dans le bâtiment en bénéficiant des gains calorifiques liés à l'évapotranspiration et aux variations du taux d'hygrométrie de l'air qui influe sur le confort hygrothermique perçu.

Les avantages

- Bonne inertie : garantit une faible variation des températures internes
- Bon déphasage : permet de décaler dans le temps le passage de la chaleur ou du froid
- Matériaux perspirant : permet de réguler naturellement l'hygrométrie du bâtiment
- Matériaux hygroscopique : a la capacité de stocker et de déstocker en son sein l'humidité.

Définition du pisé

Matériau porteur constitué de terre crue humide compactée par lits successifs dans un coffrage. Le mélange contient fréquemment sable et graviers.



Mur en pisé

« La réglementation thermique actuelle ne prend pas compte dans ses calculs le phénomène de perspiration et d'hygroscopie de ce type de matériaux. Les outils conventionnels d'estimation des performances énergétiques l'évaluent au plus mal, thermiquement parlant, alors que les mesures réalisées le positionnent beaucoup mieux. Dans ce contexte, les concepteurs se retrouvent démunis face à une réhabilitation énergétique sur du bâti en pisé. C'est pourquoi le laboratoire CRAterre et l'ENTPE travaillent en collaboration dans le cadre du programme OPTIPISE sur la conception d'un modèle de calcul mathématique prenant en compte le comportement hygrothermique du bâti en terre. »

Le pisé est également un matériau sensible à l'eau de pluie qui demande un certain nombre de protections : recouvrement des arases, importants débords de toiture, gouttières et descentes d'eau pluviale, déversoirs de terrasse, appuis de fenêtres...

2) CONSOLIDATION DES MURS EN PISÉ

A. TEST DE LA TERRE

Un travail important en amont consiste à savoir si la terre issue du terrain est propice à la construction. Un premier test consiste à prélever une motte de terre du terrain, à la mouiller puis à la malaxer. L'aspect de cette motte permet ensuite d'établir le diagnostic. Si la motte

devient trop collante (trop d'argile) ou au contraire si elle devient trop friable (trop sableuse), cela prouve que la terre n'est pas idéale pour la construction.

Sur cette opération, un test supplémentaire en laboratoire a été réalisé afin d'établir la dureté du pisé pour conna-

ître sa résistance aux contraintes ainsi que la conductivité thermique du matériau afin d'établir un calcul précis de performance thermique.

B. DIAGNOSTIC DE L'EXISTANT

Un examen de visu a été réalisé permettant de relever les fissures superficielles et structurelles. Après la dépose de la toiture existante de la partie grange, une faiblesse du pisé a été détectée au niveau des pignons et des arases des murs.



Fissure verticale détectée au niveau des arases des murs

© F. DAUTEL

« Sur cette opération, il semblerait qu'il y ait eu utilisation de pisé issu de deux qualités de terres différentes. La terre utilisée sur la partie grange en partie haute des murs est de moins bonne qualité et a beaucoup souffert. C'est pourquoi un renforcement de ces parties doit être réalisé afin de garantir la stabilité du bâti dans le temps. »

M. DEROLLEZ - NATURABATI

C. RENFORT DES ARASES DES MURS EN PISÉ

Après la dépose puis la pose de la nouvelle charpente, la reprise des arases des murs pignon et de refend est réalisée sur les parties très abimées.

Un renfort en acier galvanisé est posé en pourtour des arases des murs de refend sous les pannes. Les arases sont refaites en béton de terre avec ciment prompt

(ciment naturel ayant de bonnes proportions de calcaire et d'argile) de marque Vicat. Des câbles en acier anodisé sont mis en place entre la panne de faîtage et la panne sablière puis tendus. Ces câbles métalliques viennent consolider la structure du mur. Un coffrage est effectué sur chaque pignon pour accueillir le béton de terre.

Béton de terre

Le béton de terre est un mélange de :

- gravier
- ciment prompt
- terre
- eau.

« Nous avons choisi d'utiliser un béton de terre coulé plutôt que du pisé car ce matériau possède un meilleur taux de compression et de résistance et parce qu'il est également plus rapide à mettre en oeuvre. »

M. DEROLLEZ - NATURABATI

Mise en œuvre :



1: Câble tendu au niveau de la panne faitière.
Coffrage du pignon pour le béton de terre.
2 : Malaxeur du béton de terre.
3 : Remplissage des coffrages par le béton de terre.
4 : Reprise des arases des murs de refend.
5 : Finition du béton de terre.
6 : Aperçu du béton de terre après décoffrage.



« Le câble qui relie la panne sablière et la panne de faitage permet de répartir les charges et d'éviter l'écartement des murs. »

M. DEROLLEZ - NATURABATI

Sur les parties structurelles fortement dégradées, le mur pisé est remplacé par des blocs de chanvre de marque « Chanvriblocs » qui permettent une facilité de pose et un gain de temps tout en garantissant une bonne performance du mur.



Chènevotte et chaux hydraulique pour la création de Chanvribloc

© CHANVRIBLOC

Le « chanvribloc »

Les blocs de chanvre « Chanvribloc » sont constitués à 100% de chènevotte (paille de chanvre) et de chaux hydraulique, sans autre ajout. C'est un matériau perspirant bien adapté à la rénovation des bâtiments en pisé.

CARACTÉRISTIQUES DU CHANVRIBLOC (SOURCE : CHANVRIBLOC)

Pour un bloc d'épaisseur 20 cm, dimension 30 cm x 60 cm

Résistance mécanique

Masse volumique	300 kg/m ³
Résistance à la compression	100 kPa
Capacité de rétention d'eau	370 ml/l

Propriétés acoustiques

Indice d'affaiblissement acoustique	54 dB
-------------------------------------	-------

Propriétés thermiques

Conductivité thermique	0,07 W/m.K
Capacité thermique massique	1700 J/kg.K
Déphasage (ISO 13786)	12,50 heures (pour 20 cm)

Propriétés environnementales

Energie grise pour 1 m ²	2 MJ/an
-------------------------------------	---------



© E. DAUTEL



Mise en place de blocs de « chanvribloc » permettant facilité de pose et gain de temps.

3) PERCÉE DES NOUVELLES OUVERTURES ET AGRANDISSEMENT DES FENÊTRES

Un calcul de résistance de charge à la flexion et à la compression des cadres en bois des ouvertures a été effectué, ces calculs étant surévalués afin de garantir une bonne tenue dans le temps de ces cadres. Les cadres en bois des ouvertures sont posés en deux

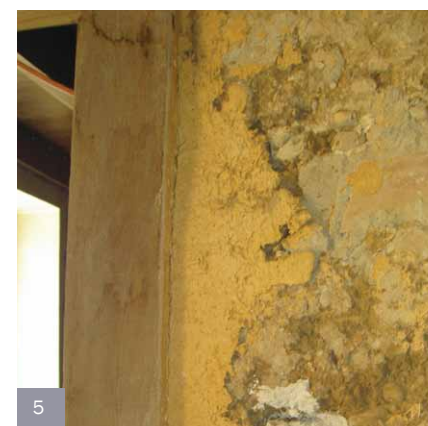
temps, pour chaque moitié de mur, afin d'avoir toujours un maintien de la structure.

La première moitié de mur est découpée et les premiers montants sont positionnés. Sur le pourtour, un enduit vient

calfeutrer les espaces entre la planche de bois et le mur afin de solidifier cette première structure. Puis petit à petit, la seconde ouverture est agrandie et les seconds montants viennent se positionner de la même manière.



1 : Percé d'une ouverture entre la partie habitation et grange
2 et 3 : Agrandissement des fenêtres.
4 : Deux montants posés l'un après l'autre
5 : Enduit de calfeutrage venant fixer et solidifier la structure



« Pour les encadrements, il faut également choisir un matériau qui soit compatible avec le pisé qui subit des modifications en fonction de l'hygrométrie. La souplesse du bois et sa capacité de travail sont adaptés pour ce type d'opération. »



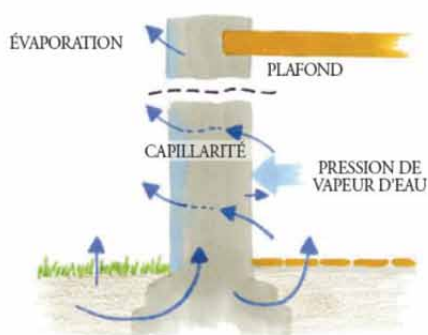
4) POSE DE L'ISOLANT EN LIÈGE DE MARQUE DIATHONITE

A. PERSPIRANCE ET HYGROSCOPIE DU PISÉ

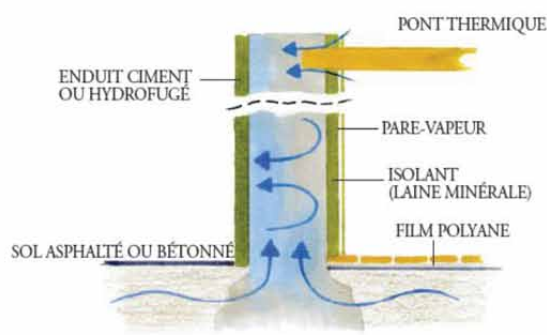
La pose d'un revêtement et en particulier d'une isolation demande une réflexion en amont bien particulière. En effet, le pisé est un matériau perspirant, c'est-à-dire qu'il est perméable à la vapeur d'eau et à l'eau liquide mais

étanche à l'air. La principale contrainte de ce matériau est qu'il doit en permanence permettre l'échange d'humidité entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment pour garantir sa composition hydrique et sa durabilité dans le temps.

La modification du revêtement des murs en pisé, par la pose d'un isolant ou d'un revêtement, est susceptible de modifier à terme la teneur de ces transferts et de perturber l'équilibre existant.



FONCTIONNEMENT HYGROMÉTRIQUE D'UN MUR TRADITIONNEL NON ISOLÉ



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

© ATHEBA

« Dans les années 50, l'application généralisée du ciment (matériau non perméable à la vapeur d'eau) a entraîné de nombreux dégâts sur les maisons en pisé. L'apparition de fissures nuit à la solidité de la structure de ces bâtiments. Dans certains cas extrêmes, la désintégration des murs est tellement avancée que le bâti peut s'effondrer. »

M. FRENOT - BATIPASSIF

➤ Pour aller plus loin

Pour appréhender et comprendre les phénomènes de migration de la vapeur d'eau, consultez librement sur le site internet de VAD le dossier technique : « Migration de vapeur d'eau et risques de condensation » (rubrique « dossier technique »).

Une étude menée conjointement par le CETE de l'Est, l'ENSA Toulouse ainsi que le Laboratoire Matériaux et Durabilité des Constructions et Maison Paysanne de France, cherche à comprendre le comportement hygrothermique des

parois anciennes soumises à diverses configurations d'isolation. Les résultats présentés sous forme de livret caractérisent l'impact de l'isolation de quatre typologies de parois anciennes (terre crue, brique de terre cuite, pierre dure et pans

de bois et torchis).

« Les cahiers HYGROBA » sont téléchargeables librement sur le site internet du CETE de l'EST.
www.cete-est.developpement-durable.gouv.fr

B. ETUDE DU SUPPORT

La réalisation de l'enduit extérieur demande une étude préalable très détaillée et attentive du support. Une mesure du taux d'humidité et de l'hygrométrie du pisé a été réalisée afin de connaître l'adhérence du matériau.

↳ Pour en savoir plus

Pour en savoir plus : site internet de l'AQC, rubrique « La prévention Produits (C2P) » puis « Référence des Règles professionnelles ».
www.qualiteconstruction.com

« Suite aux tests d'humidité et d'hygrométrie du pisé, des essais de dosage de l'enduit sont réalisés sur une surface du mur existant. Le bon choix est celui qui ne se fissure pas au séchage. Depuis le second semestre 2012, les Règles professionnelles qui encadrent la mise en œuvre des enduits sur support en terre crue ont été acceptées avec suivi du retour d'expérience. Cette nouvelle forme de reconnaissance exige une formation ou une Validation des Acquis de l'Expérience (VAE) pour mettre en œuvre les techniques visées. Le suivi de retour d'expérience s'effectue tous les deux ans et est géré par les rédacteurs de la règle. »

M. DEROLLEZ - NATURABATI

C. DÉCROUTAGE ET RENFORMI

Le décrouitage consiste à déposer l'enduit existant. Le mur est légèrement humidifié, puis avec une perforeuse, la couche d'enduit est déstructurée puis retirée.

L'opération de renformi consiste à venir appliquer sur les aspérités du mur un mélange de terre, de chaux et de chanvre afin de réaliser la planéité du mur.



1 : Enduit renformi appliqué sur les aspérités de la surface 2 : Préparation du renformi 3 : Façade Nord fortement abimée par l'enduit ciment et entièrement recouverte d'enduit renformi

« Sur l'habitation, le décrouitage s'est plutôt bien déroulé. L'enduit était adapté au support et s'enlevait facilement laissant apparaître le pisé lisse et en bon état. Sur la partie grange, l'opération s'est révélée plus compliquée. L'enduit, constitué de ciment, était difficile à extraire et certaines parties, gorgées d'eau, étaient très abimées. »

M. RICHARD – Maître d'Ouvrage

D. APPLICATION DE L'ENDUIT DIATHONITE

Principe :

L'enduit de marque Diathonite livré sous forme de sac en papier de 18 kg est mélangé avec de l'eau puis propulsé sur la façade à l'aide d'une machine à projection. L'opération se déroule en deux ou trois passes de deux centimètres maximum avec un temps de séchage entre chaque couche. Le produit est ensuite lissé pour obtenir une surface plane.

Diathonite

Mélange comprenant du liège, de l'argile, de poudres de diatomées (algues microscopique fossilisées d'organismes marins) et des adjuvants végétaux. La poudre de diatomée est principalement constituée de silice qui renforce la structure de l'enduit.



© DIASEN

Caractéristiques (source : DIASEN)

Conductivité thermique	0,045 W/m ² .K
Chaleur spécifique	1 000 J/kg.K
Diffusivité thermique	0,13 m ² /Ms
Résistance à la compression	1,5 N/mm ²
Résistance à la diffusion de vapeur d'eau	μ = 4 (hautement perspirant)
Résistance au feu	classe 1
Absorption acoustique	70%



- 1 : Projection et aplanissement de l'enduit
- 2 : Projection de l'enduit
- 3 : Préparation du mélange à partir des sacs de Diathonite



CONCLUSION

« En France, ce sont actuellement plus de 2 500 000 bâtiments existants qui sont construites en pisé. Les enjeux en terme de rénovation sont donc très importants. Actuellement, il n'existe aucune réglementation et norme sur l'utilisation du pisé dans les constructions et aucune garantie décennale n'est possible. Depuis quelques mois, un groupe d'artisans, de bureaux d'études thermiques et d'acteurs engagés dans la construction en terre s'est constitué pour faire évoluer les choses. Ce groupe de travail a pour but de rédiger les Règles de l'Art afin de développer, sur le modèle de la construction paille, une filière construite et organisée. »

M. FRENOT - BATIPASSIF

« Les problèmes que nous connaissons actuellement en terme de rénovation dans les maisons en pisé (dégradation profonde des murs et risques d'affaissement) sont principalement dus au manque de connaissance des artisans. L'utilisation de matériaux modernes sur des bâtiments anciens n'est pas toujours adaptée et les conséquences peuvent être très graves pour la durabilité de la structure. Sur la région Rhône-Alpes, des organismes tel que le GRETA, OÏKOS ou encore le GABION dispensent des formations sur les techniques du bâti ancien. Ces structures permettent le réapprentissage des méthodes anciennes et la transmission des savoir-faire. »

M. DEROLLEZ - NATURABATI

POINTS CLES

- Le pisé, un matériau perspirant : perméable à la vapeur d'eau, le pisé est un matériau qui ne doit pas être emprisonné dans une enveloppe étanche à la vapeur d'eau.
- Enjeux de la rénovation pisé : parc existant d'environ 2,5 millions de bâtiments à rénover pour atteindre les objectifs du Grenelle de l'Environnement.
- Règles de l'Art : structuration en cours de la filière par la rédaction de réglementation et norme afin d'apporter aux assureurs des garanties.
- Formation : réapprentissage des méthodes anciennes et transmission des savoir-faire afin d'éviter les problèmes d'incompatibilité des matériaux et les pathologies graves.
- Prise en compte dans la réglementation thermique : la RT actuelle ne prend pas en compte dans ses calculs les phénomènes de perspiration et d'hygroscopie du pisé.

ALLER PLUS LOIN

- **Fiche matériaux « Structure - le pisé »** - Envirobat Méditerranée.
<http://www.enviroboite.net>
- **Fiche « le pisé »** - AGEDEN
www.iera.fr
- **Cahiers HYGROBA : réhabilitation hygrothermique des parois anciennes »** - CETE de l'Est, l'ENSA de Toulouse, le Laboratoire Matériaux et Durabilité des constructions et Maisons Paysannes de France
www.cete-est.developpement-durable.gouv.fr
- **Site internet « Construction Pisé »** (Nicolas Meunier)
www.construction-pise.fr
- **CRATerre-ENSAG** - Laboratoire de recherches et équipe d'enseignants de l'Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble, spécialisés dans la construction en terre
<http://craterre.org>
- **AsTerre** - Association nationale des professionnels de la terre crue
<http://www.asterre.org>
- **Formations** sur les techniques du bâti ancien : GRETA, OÏKOS, le GABION
www.gretaformation.fr
www.oikos-ecoconstruction.com
gabionorg.free.fr
- **Retours d'expériences de bâtis en pisé rénovés en Rhône-Alpes :**
<http://www.ville-amenagement-durable.org>, rubrique Recensement



*« Partager ce que l'on sait
et apprendre du savoir des autres »*

VILLE ET AMÉNAGEMENT DURABLE
19 rue Victorien Sardou – 69007 Lyon
Tel : 04 72 70 85 59
associationvad@orange.fr
www.ville-amenagement-durable.org

Centre d'échanges et de ressources pour la qualité environnementale des bâtiments et des aménagements en Rhône-Alpes

Avec les partenaires de nos actions

Rhône-Alpes Région

