Rénover & Construire dans le Parc naturel régional Livradois-Forez

Rénover & Construire en Pisé

dans le Parc naturel régional Livradois-Forez

Parc naturel régional Livradois-Forez

Une réalisation du Parc naturel régional Livradois-Forez

COORDINATION
Parc naturel régional Livradois-Forez
Etienne CLAIR, Chargé de mission développement économique
Juliane COURT, Chargée de mission architecture et urbanisme opérationnel

CONCEPTION ET RÉALISATION
Sébastien Moriset et Arnaud Misse,
CRAterre-Ensag

EN COLLABORATION AVEC
Jacky JEANNET, *ABITerre* **- Patrice DOAT, David GANDREAU et Hubert GUILLAUD**, *CRATerre-Ensag* **- Samuel DUGELAY**, *Makjo*

APPUI TECHNIQUE
Christophe CAMUS, *CAUE 63*

CONCEPTION GRAPHIQUE
Arnaud Misse, *CRAterre-Ensag*

PHOTOGRAPHIE
M. BARET et V. MIRAMAND, C. CAMUS, *CAUE 63*, **CARACOL scop, S. DUGELAY, J. JEANNET, N. MEUNIER, les auteurs**

REMERCIEMENT À
Mathilde BÉGUIN, *CARACOL scop* - **Milena STEFANOVA**, *Design & architecture* **- Boris BOUCHET**, *architecte* **- Claude GRENIER**, entrepreneur

Merci aux propriétaires dont les maisons nous ont permis d'illustrer ce document

Cette publication a bénéficié du soutien financier de :

Juillet 2011 © Parc naturel régional Livradois-Forez

sommaire

Pour une architecture de terre... .....*p. 1*
Terre et paysage .....*p. 2*
Du paysage au mur .....*p. 3*
La technique du pisé.....*p. 4*
Le matériau terre .....*p. 5*
Les architectures en pisé du Parc ..... *p. 6*
L'évolution des systèmes constructifs .....*p. 7*
Construire en terre aujourd'hui .....*p. 9*
Comprendre le bâti en pisé ..... *p. 10*
Gérer les abords .....*p. 11*
Traiter la structure .....*p. 12*
Réparer les murs .....*p. 14*
Réaliser des sols intérieurs .....*p. 15*
Rénover la façade .....*p. 16*
Enduire en terre .....*p. 17*
Comprendre les qualités thermiques du pisé.....*p. 18*
Isoler un mur en pisé..... *p.19*
Organiser son chantier .....*p. 20*
Glossaire .....*p. 21*
En savoir plus .....*p. 21*

La terre est un matériau de construction que l'homme utilise depuis des millénaires et dans pratiquement toutes les régions du monde. Le Livradois-Forez est reconnu par les spécialistes pour la qualité exceptionnelle de son patrimoine architectural en pisé. Ses maisons de terre font partie de notre paysage et constituent un élément fort de l'identité du Livradois-Forez.

Le pisé a été mis de côté avec l'arrivée sur le marché de son proche cousin le béton et l'industrialisation des matériaux de construction dans les années 1950. Au fil des décennies, ce patrimoine en pisé a été dégradé par des pratiques inappropriées d'entretien, de restauration ou de réhabilitation. La banalisation architecturale et la standardisation des matériaux menacent ce qui fait l'identité de notre territoire.

Les habitants du Livradois-Forez, les artisans, les collectivités portent aujourd'hui un regard nouveau sur le pisé pour ses atouts écologiques, économiques, sociaux et culturels qui répondent à la plupart des nouveaux enjeux de la construction. Les nouvelles techniques de mise en œuvre permettent de réduire les coûts et de répondre aux exigences techniques et thermiques les plus contraignantes.

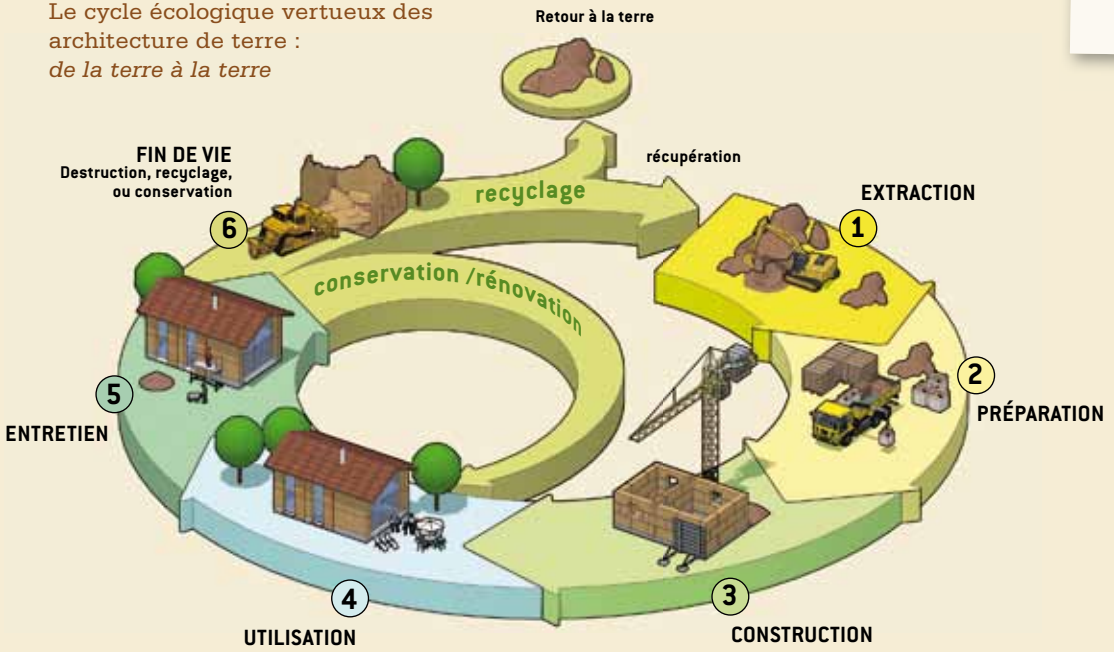
L'objectif de ce livret est d'apporter des informations fiables sur les possibilités offertes par le pisé et la construction en terre. Il s'inscrit dans un projet plus vaste de développement économique et social du Livradois-Forez qui valorise son histoire, ses ressources et son identité pour construire un avenir éco-responsable.

UNE AUTRE VIE S'INVENTE ICI

Parc naturel régional Livradois-Forez

Pour une architecture de terre...

Le cycle écologique vertueux des architecture de terre :
de la terre à la terre



De la carrière au recyclage,
les vertus d'un matériau au bilan exceptionnel

Ressource disponible localement et facilement recyclable, la terre offre des qualités environnementales, sociales, culturelles et économiques favorables à un développement raisonné du secteur de la construction en Livradois-Forez.

Présent sur le territoire depuis des siècles, la construction en terre a prouvé sa durabilité et sa bonne intégration dans le paysage. L'exploitation du matériau préserve les ressources et limite l'atteinte à l'environnement. De son extraction et sa mise en oeuvre, il ne subit aucune transformation polluante.

En cas de destruction, il peut être réutilisé pour ériger d'autres murs ou rendu à la terre sans qu'aucune décontamination ne soit nécessaire. Il est recyclable à l'infini.

La résurgence de la terre dans les filières de construction, portée par des entrepreneurs talentueux montre toute la pertinence de ce matériau pour la région. Construire en pisé dans le Parc aujourd'hui, c'est repenser l'emploi des ressources naturelles et sociales, et préparer un avenir véritablement éco-responsable.

La construction en terre présente de nombreux points d'intérêt

1_ INTÉGRATION DANS LE TERRITOIRE
Le matériau terre est un élément remarquable de l'identité du territoire. Le garder présent en réhabilitation ou en construction neuve permet de maintenir cet enracinement de l'architecture dans son paysage.

2_ RÔLE CULTUREL
Les constructions en pisé traduisent la subtilité d'un savoir-faire longuement mûri qui mérite d'être préservé. Des techniques de rénovation permettent de maintenir viable et vivant ce patrimoine souvent délaissé.

3_ ARCHITECTURE
L'architecture en pisé, ancienne ou contemporaine, est remarquable. Elle témoigne du bon sens, de l'audace et des capacités d'innovation de ses concepteurs.

4_ MATÉRIAU ET MISE EN ŒUVRE
Ressource disponible en abondance localement, la terre demande peu de transformation et peu d'équipements pour sa mise en oeuvre.

5_ COÛTS / FINANCE
Les techniques de construction en terre sont propices à l'autoconstruction ou l'autofinition permettant une réduction des coûts.

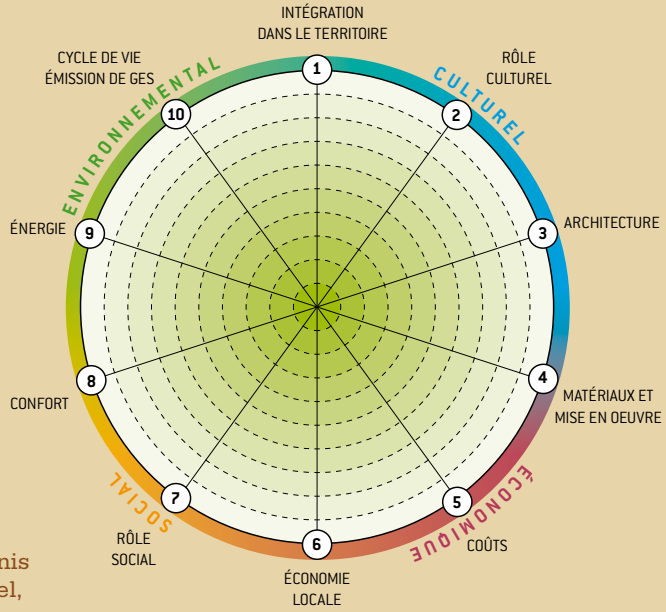
6_ ÉCONOMIE LOCALE
La filière terre soutient le développement d'entreprises locales spécialisées et génère du travail dans la rénovation et l'écoconstruction. La plus grande partie du coût d'un mur en pisé est composée de la main d'œuvre donc de salaires reversés localement.

7_ RÔLE SOCIAL
Le matériau terre est propice a des actions sociales. Il s'adapte bien à des chantiers de formation, d'insertion et à des entraides conviviales.

8_ BIEN-ÊTRE
Les murs en terre apportent un confort hygrothermique aux habitants, tant dans les bâtiments anciens que dans les constructions neuves et contribuent à un intérieur sain.

9_ ÉNERGIE
La forte inertie du matériau et ses propriétés hygrothermiques permettent de réguler la température et évitent les gaspillages d'énergie été comme hiver. La filière de construction en pisé consomme très peu d'énergie grise.

10_ CYCLE DE VIE ET GAZ A EFFET DE SERRE
L'analyse du cycle de vie montre que la terre est le matériau le moins émetteur de gaz à effet de serre. La construction en terre ne contient pas de matières dangereuses, et ne dégage pas de gaz toxiques, même en cas d'incendie.



10 points d'intérêt du matériau terre réunis autour de 4 grandes thématiques : culturel, économique, social et environnemental

Terre et paysage

Une architecture située

Nos anciens prenaient les matériaux disponibles sur place pour ériger les murs de leur maison : la terre dans les vallées, la pierre sur les hauteurs. Le pisé, technique qui consiste à compacter la terre dans un coffrage, a produit une architecture humble mais remarquablement implantée dans son paysage. Ce corps à corps des hommes avec leur terre est une belle leçon de simplicité et de bon sens.

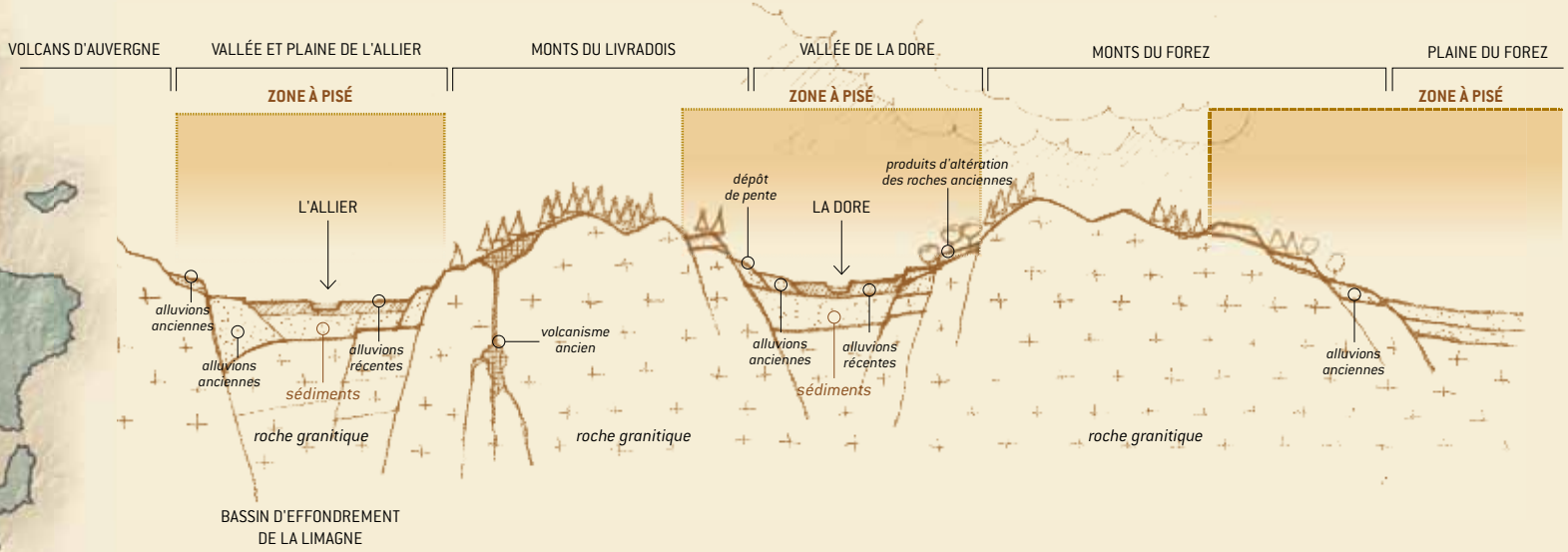
Par leur volumétrie, par la couleur et la texture des murs, les bâtisses en pisé se fondent admirablement dans l'environnement du Parc et contribuent à l'harmonie des paysages. Ce patrimoine modeste a survécu au temps, et confirme la pertinence des savoir-faire traditionnels et la qualité du matériau, qui continue à être utilisé. Préserver et faire vivre l'architecture de terre, c'est reconnaître une culture constructive étonnante qui a façonné l'identité du Livradois-Forez, et qui la marque encore fortement.

Où trouver les constructions en pisé ?

Les villages en pisé s'égrènent le long des vallées de la Dore et de l'Allier, là où les bonnes terres à bâtir sont disponibles. Toutes les maisons ne sont plus en terre apparente, et il faut parfois qu'un morceau d'enduit soit tombé pour que se révèle le pisé. Soyez attentifs !

Ligne d'horizon, reliefs, forêts, villages et hameaux dessinent le paysage du Livradois-Forez. Les maisons en pisé au premier plan révèlent la présence du matériau dans le paysage.

Répartition des architectures en terre dans le Parc Livradois-Forez



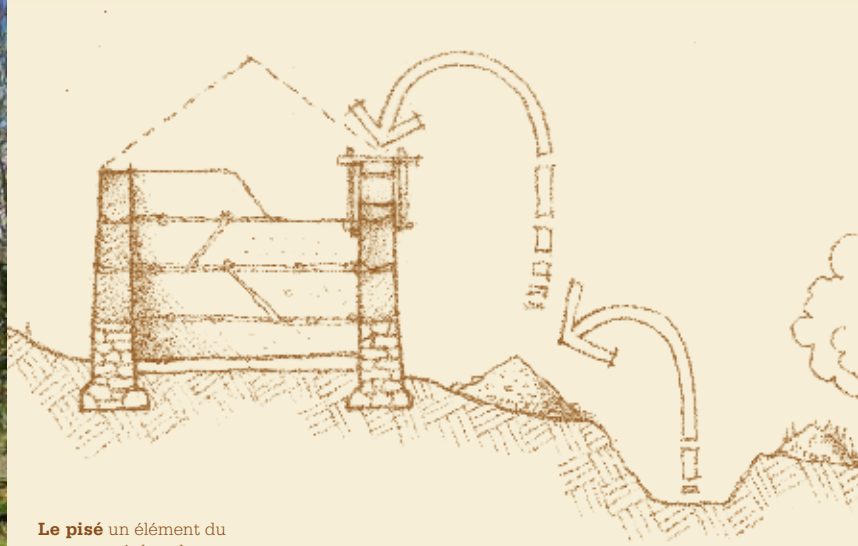
Coupe schématique ouest/est sur le Livradois-Forez

Du paysage au mur

Les murs de clôture en pisé sont un élément fort du paysage du Parc.

Les architectures de pisé semblent naturellement sorties de terre. C'est traditionnellement au printemps que naissaient ces murs, quand la terre possédait la bonne teneur en eau. La mise en œuvre nécessitait une longue préparation technique mais aussi une organisation sociale, car il fallait de nombreux bras pour extraire la terre en profondeur, casser les mottes, monter les paniers jusqu'au coffrage puis transformer à coups de pisoir cette terre meuble en de solides murs. Les seules énergies dépensées étaient humaines et parfois animales. Aujourd'hui, le pisé peut se faire en toute saison sauf en hiver, et des outils mécaniques facilitent le travail des hommes.

Textures de pisé ancien, rénové et contemporain.



Le pisé un élément du paysage né du sol.

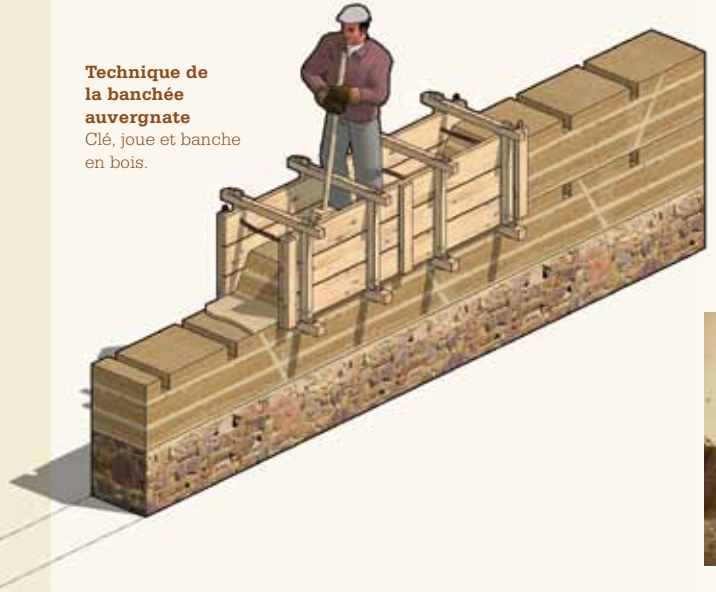
La technique du pisé

Planches, paniers, pisoir et béret

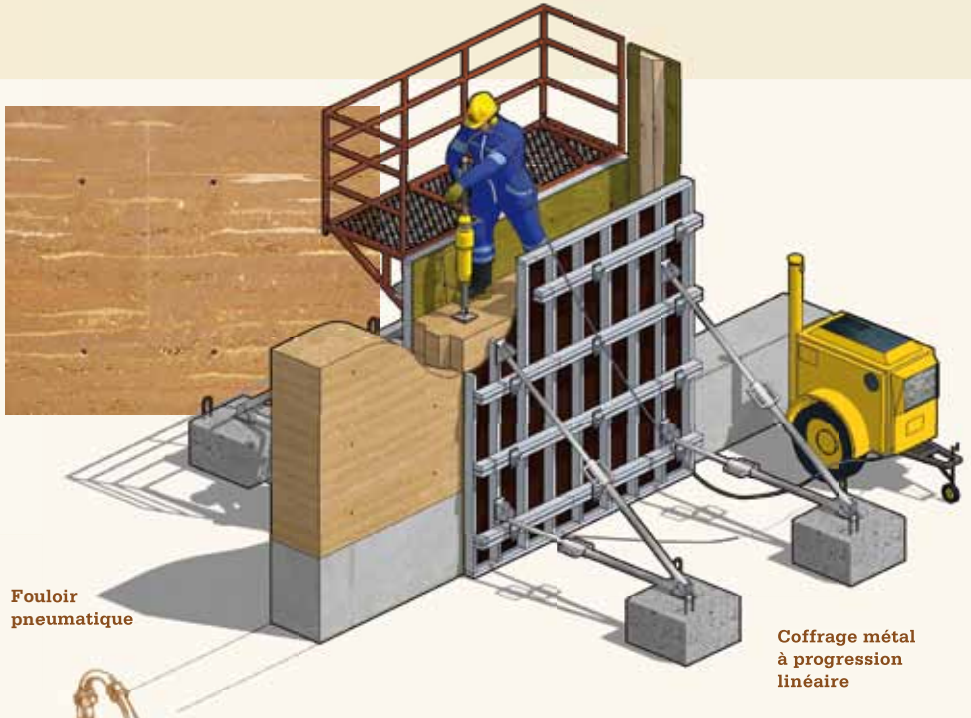
Traditionnellement, le pisé était compacté à la main avec un fouloir en bois. Le maçon déplaçait ses banches horizontalement le long des murs. Les banches faites de quelques planches étaient légères et faciles à manier. Cette technique nécessitait peu d'outillage. La compression était faible mais suffisante, produisant des murs riches en texture. À partir du XIX[e] siècle la technique s'affine. Au départ de chaque banchée, un mortier blanc de sable-chaux venait renforcer les arrêtes. Selon le type de coffrage employé, avec ou sans tête de banche, on obtenait en façade des levées rectangulaires ou trapézoïdales, encadrées de blanc.

Joints à l'équillade et cordons de chaux
Les joints décalés en biais (sable + chaux) dits joints à l'équillade permettaient de limiter le retrait entre deux banchées et l'utilisation d'un coffrage sans tête de banche. On trouve dans la région de nombreux cordons horizontaux de mortier de chaux dans les banchées. Ils correspondent entre autre aux points de liaison entre deux reprises de coffrage et aux zones sensibles du mur en pisé (angles, arase du soubassement...). De plus, ils constituaient une accroche commode pour un enduit à la chaux.

Pisoir en bois et sabot de protection métallique



Technique de la banchée auvergnate
Clé, joue et banche en bois.



Fouloir pneumatique

Coffrage métal à progression linéaire

Coffrage en métal
de type béton et godet malaxeur.

Coffrage métallique, godet malaxeur, compresseur et casque

Les pisés contemporains se mettent en œuvre plus rapidement, mais font souvent appel à des équipements sophistiqués, tels que des coffrages métalliques grimpants ou à progression linéaire, ou des tracteurs avec godets malaxeurs. La terre est compactée avec un fouloir pneumatique relié à un compresseur, qui densifie le matériau au point de le rendre parfaitement lisse en surface. Les banches sont lourdes pour résister aux pressions importantes des fouloirs pneumatiques, et peuvent nécessiter une manipulation avec une grue.

Le matériau terre

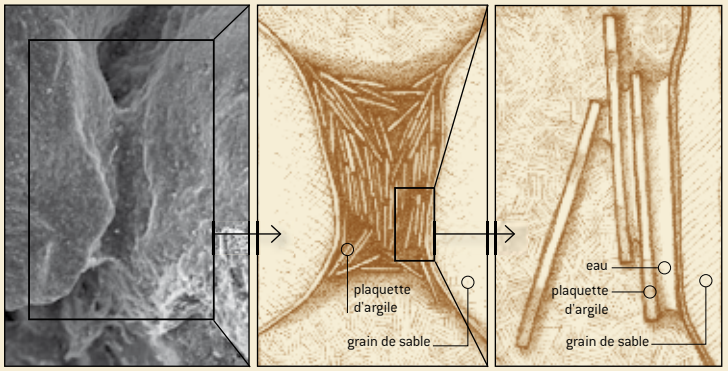
Qu'est ce que la terre à bâtir ?

La terre est constituée de grains (cailloux, graviers, sables, silts et argiles), d'air et d'eau en très faible pourcentage. La proportion et la nature des grains caractérisent les terres et leur possibilité d'utilisation.

Granulométrie d'une terre à pisé montrant la proportion et la taille des différents grains qui la composent : cailloux, graviers, sables, et la partie la plus fine silts et argiles mélangés.

Les terres a pisé

Les terres à pisé sont des mélanges très hétérogènes de grains, qui vont du caillou de quelques centimètres à des particules d'argile de quelques millièmes de millimètres. Les plus gros grains sont donc 100 000 fois plus gros que les plus petits, et cet ensemble se combine en un matériau dense et solide permettant de construire des murs.



L'eau, présente en faible pourcentage, renforce la cohésion de la terre en augmentant l'interaction entre les particules d'**argile**. C'est par l'intermédiaire des forces capillaires que l'eau « colle » les grains entre eux. Vu au microscope électronique, un pont argileux relie deux grains de sable. Il est constitué des plaquettes d'argile liées entre elles par des ponts capillaires constitués d'eau (d'épaisseur 2 nm environ).

Reconnaître les bonnes terres

Il est conseillé de faire des essais avant de mettre en oeuvre de grosses quantités de terre. De nombreux tests, sur le terrain comme en laboratoire, permettent de caractériser une terre et éventuellement de la préparer pour l'optimiser (tamisage, ajout de grains ou de fibres, stabilisation à la chaux).

Adobes, briques de terre moulée.

Les autres techniques

Lorsqu'une terre ne convient pas au pisé (spectre granulométrique limité), elle peut servir à d'autres usages. C'est la raison pour laquelle nous trouvons parfois des techniques différentes dans le Parc, comme le torchis, notamment vers Thiers, qui utilise des terres argileuses, ou la brique crue (adobe) vers Billom, qui utilise des terres argilo-sableuses. La terre était également utilisée comme mortier pour les maçonneries de pierre. Les ressources du sous-sol ont en partie façonné les cultures constructives locales.

Mortiers

Les mortiers utilisés pour la maçonnerie d'éléments en terre crue nécessitent des terres argilo-sableuses débarrassées des graviers.
Traditionnellement, la terre était largement utilisée pour le hourdage des murs en pierres. Une bonne maîtrise des techniques de maçonnerie en pierre est alors nécessaire.

Torchis / terre allégée

Le torchis est un mélange de terre argileuse et de fibres généralement longues (paille, foin...). Le mélange est mis en œuvre à l'état plastique sur un système de clin ou lattis en bois solidaire d'une ossature bois porteuse.

Brique crue ou adobe

L'adobe est une brique de terre formée dans un moule et séchée à l'air libre. Elle requiert des terres argilo-sableuses. La terre à pisé, débarrassée des cailloux, est également adaptée au moulage d'adobes.

BTC

La brique de terre comprimée est produite à partir de la même terre que le pisé, mais débarrassée par tamisage de ses gros grains. La terre est généralement stabilisée avec 4 à 10% de liant hydraulique.

Les sources d'approvisionnement

RECYCLAGE
La terre de démolition extraite des murs lors de la création de percements peut être réutilisée pour des réparations.

CHANTIERS
Les chantiers (routes, constructions...) conventionnels extraient d'énormes quantités de terre qu'il est possible d'utiliser en construction, si ses propriétés conviennent, et si elle n'est pas mélangée à de la terre végétale.

CARRIÈRES
L'approvisionnement en carrière est possible mais peut engendrer des déplacements importants.

SUR PLACE
Extraire la terre du sous-sol sur le lieu de votre chantier, comme l'ont fait nos ancêtres, est possible mais nécessite une connaissance du matériau et de ses caractéristiques. La terre de construction est alors prélevée sous la couche superficielle de terre végétale.

Les bonnes terres ou terres à bâtir sont prélevées sous la couche de terre végétale. Elles ne doivent plus comporter d'éléments organiques.

Les architectures en pisé du Parc

Une grande flexibilité d'usage et d'aspects

Fermes, granges, châteaux, maisons de notables, murs de clôture… au fil des siècles, le pisé s'est adapté aux usages et à l'évolution des besoins, comme le montre le patrimoine très diversifié du Parc. Cette diversité est enrichie par les variations de couleurs et de textures que les conditions géologiques ont apporté à la terre.

Bioclimatisme, économie et solidarité

Le patrimoine en pisé exploite intelligemment les ressources physiques et climatiques de son environnement. Basée sur l'économie de moyens, cette architecture faite de matériaux peu transformés est un témoignage de solidarité sociale et de développement local.

Un matériau du futur

Après avoir été négligé, le pisé redevient une alternative crédible pour la construction neuve. Les précurseurs de ce renouveau de la terre nous montrent qu'il est possible de concevoir une architecture contemporaine en Livradois-Forez avec cette technique séculaire. Le pisé est particulièrement apprécié pour ses valeurs esthétiques, et pour la réponse pertinente qu'il apporte aux questions environnementales. Sa forte inertie et sa capacité de régulation de l'humidité lui confèrent des propriétés de confort très recherchées.

Construction traditionnelle à Beurières. Une rénovation discrète et réussie dans le respect de l'existant.

Domaine de la Siarre à Sermentizon. Exemple d'une architecture traditionnelle en pisé enduite.

Maison au-dessus de Courpière. Rénovation et extension contemporaine en pisé.

Les différentes formes de la construction en pisé en Livradois-Forez

Cabanon de vigne ou agricole à 1 ou 2 niveaux

Grange ou étable "bloc" isolée de l'habitation

Ferme bloc en long de plus ou moins grande importance. L'habitation est prolongée par les bâtiments d'activités. La ferme peut évoluer sur un plan en L en recevant des extensions

Habitation monobloc sur 2 ou 3 niveaux. Couverte d'une toiture à 2 ou 4 pans, elle est le plus souvent enduite pour affirmer un caractère plus "bourgeois"

Maison mitoyenne de village ou de bourg. Elle est souvent enduite

Bonnes bottes, bon chapeau

L'adage nous rappelle qu'il faut protéger les murs en terre par de bonnes bottes et un bon chapeau si l'on veut qu'ils résistent. L'observation du patrimoine en terre confirme cette règle de bon sens, qui veut qu'un soin particulier soit porté aux fondations, aux soubassements et à la toiture, qui doit largement couvrir les murs.

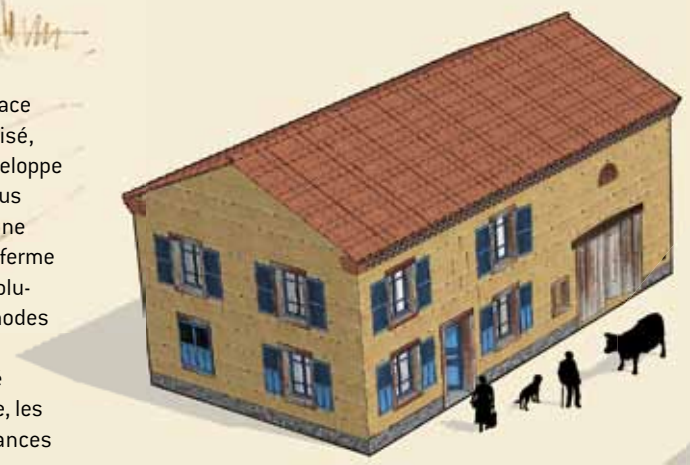
L'évolution des systèmes constructifs

Évolution de la construction en pisé

La construction en pisé a su s'adapter à toutes les époques et à tous les usages (grange agricole, habitation, salle polyvalente...). Plusieurs architectes, dans le Livradois-Forez comme dans le reste du monde, ont su transcender les systèmes constructifs séculaires pour produire une architecture contemporaine exemplaire et innovante, qui n'a rien perdu des vertus du matériau terre. Avec le temps, les systèmes monolithiques traditionnels ont laissé la place à des architectures plus ouvertes sur l'extérieur, laissant entrer la lumière et les apports solaires en hiver.

Conception traditionnelle

Dans les maisons traditionnelles, l'espace est entièrement clos par les murs en pisé, longs et continus, qui forment une enveloppe monolithique percée par les baies le plus souvent de petites dimensions. C'est une architecture au volume simple, qui renferme généralement dans un même volume plusieurs fonctions. Tout autant que les modes de vie, usages et exigences de confort d'alors, c'est la recherche de simplicité dans les techniques de mise en oeuvre, les matériaux disponibles et les connaissances techniques qui ont créé cette architecture (mise en oeuvre linéaire, petit coffrage facilement manipulable, portée courte des linteaux, murs très épais).



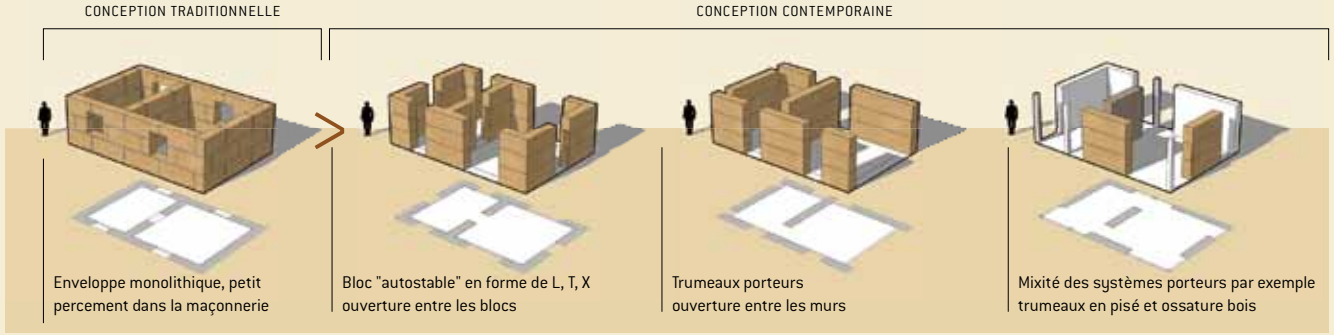
Construction traditionnelle : elle regroupe souvent plusieurs fonctions, les espaces d'habitations sont très cloisonnés et les percements y sont limités pour un meilleur confort en hiver.

Construction contemporaine : elle est entièrement dédiée à l'habitation et au confort, ouverte sur l'extérieur et le paysage pour la lumière et les vues, peu cloisonnée à l'intérieur pour une plus grande fluidité des circulations.

Conception contemporaine

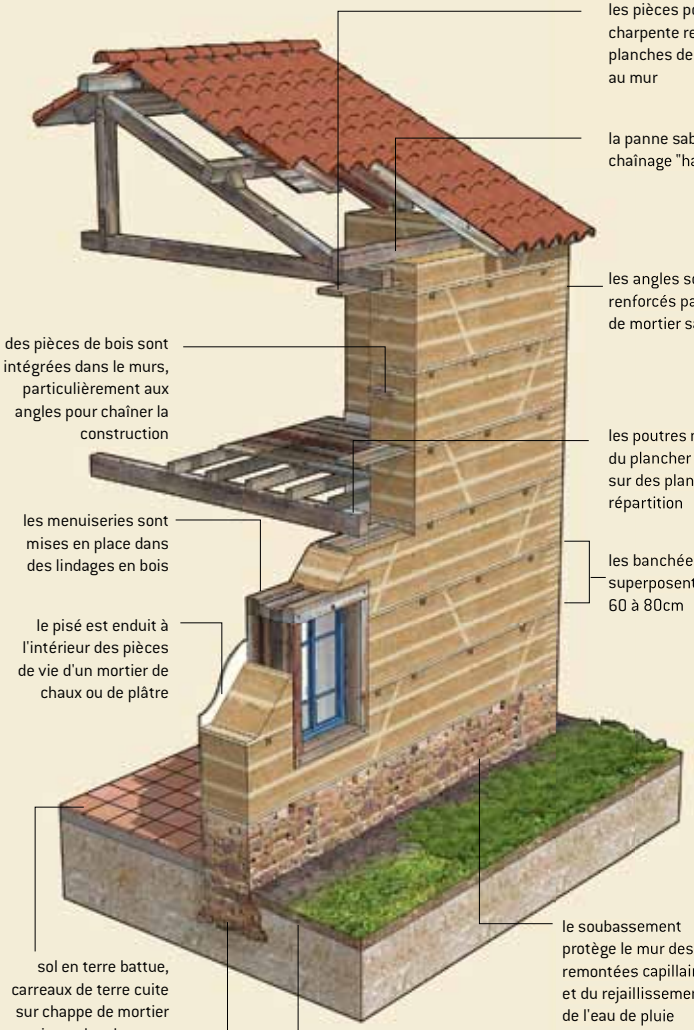
Les projets contemporains font varier les systèmes constructifs. Par exemple, le principe des trumeaux de pisé, entre lesquels les ouvertures prennent place, offre une grande liberté au concepteur. Cette alternance entre pisé et grandes ouvertures crée des espaces fluides, favorisant le lien avec l'environnement du bâtiment. La longueur réduite des murs, généralement d'une banchée, évite les fissurations de retrait, et permette même de préfabriquer des éléments de pisé en atelier. La stabilité de ces ouvrages nécessite l'intervention de bureaux d'études technique.

Évolution constructive des architectures en pisé

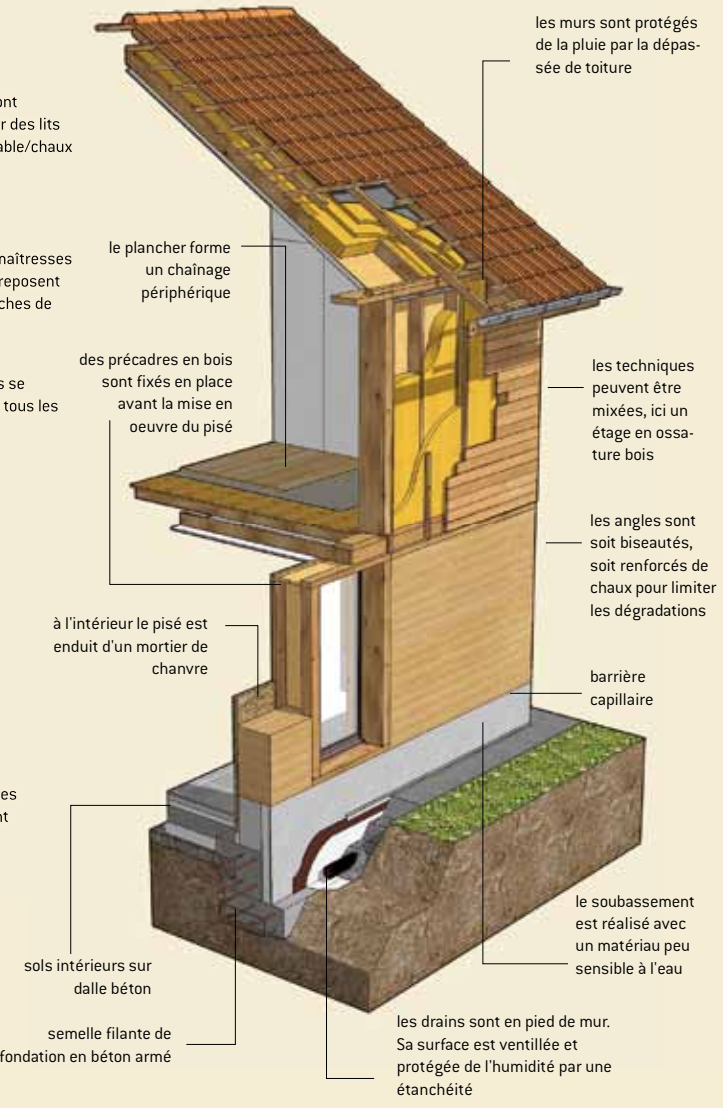


L'évolution des systèmes constructifs

Maison contemporaine en pisé à Thiers. J. Jeannet & P. Scarato, architectes.



Un exemple de construction traditionnelle du Livradois-Forez



Un exemple de construction contemporaine

Ici une structure mixte, rez-de-chaussée en pisé et étage en ossature bois.

Conception traditionnelle

Les matériaux traditionnels (bois, terre, pierre maçonnée...) sont par nature perméables à la vapeur d'eau. Ils peuvent absorber de l'humidité mais également la rendre par évaporation. Les systèmes constructifs développés laissent "respirer" les murs pour éviter les accumulations d'eau dangereuses pour la structure notamment dû aux remontés capillaires.

Au niveau de la toiture ou des planchers, les charges sont appliquées sur des pièces ponctuelles de répartition (pierres plates ou bois). Les chaînages et tirants sont rares et les petites fissures sont acceptées. Le bâtiment compose avec son terrain : il bouge, respire, mais garde sa stabilité.

Conception contemporaine

Les projets contemporains cherchent à mieux protéger le pisé des transferts d'humidité avec le sol en le posant sur une plate-forme étanche. Les remontées capillaires dans les fondations et dans le soubassement sont évitées. La base, généralement en béton armé ou en pierres avec barrière capillaire, est un bouclier qui bloque les échanges avec le terrain. Le pisé reste perspirant pour laisser passer l'humidité générée par l'intérieur de la maison (humidité du sol, habitants, pièces humides...).

Les murs sont liés entre eux par les planchers et la charpente qui peut faire office de chaînage.

Construire en terre aujourd'hui

Aujourd'hui, la construction en terre n'est pas constituée uniquement de murs porteurs en pisé. Les techniques constructives sont mixées et le pisé est utilisé en association avec des ossatures bois ou des techniques de maçonnerie plus classiques. Au-delà de ses qualités esthétiques ce sont souvent ses caractéristiques thermiques qui sont recherchées : trumeau porteur en façade sud, mur masse non porteur à l'intérieur de la construction, etc.

«le bon matériau au bon endroit»

Auberge de la forge
à Glaine-Montaigut
rénovation et
extension en pisé.
Jacky Jeannet
& Pascal Scarato,
architectes.

Des exemples de réalisations en Livradois-Forez

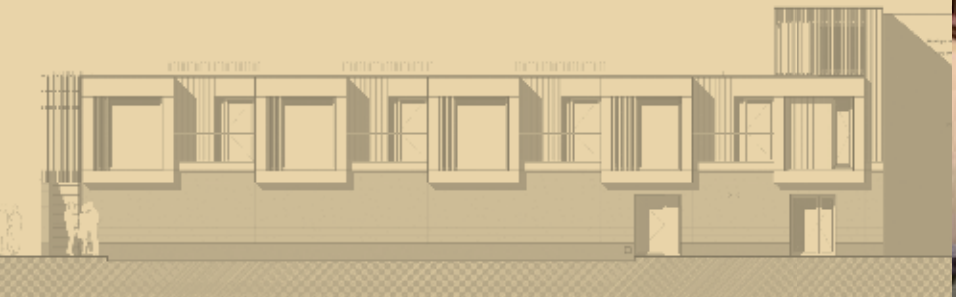
Le territoire est riche de réalisations récentes, montrant une volonté d'innovation constructive ou architecturale.
Architectes, entrepreneurs et autoconstructeurs ré-inventent encore aujourd'hui le matériau dans des projets privés ou publics.
La terre est toujours d'actualité qu'elle soit utilisée sous forme de pisé, de brique d'adobe, de blocs de terre comprimée, de mortier ou d'enduit terre.

Centre de Loisirs à St-André-le-Coq
Réalisation de murs en pisé et d'un mur thermique en BTC (blocs de terre comprimée)
Jacky Jeannet
& Pascal Scarato,
architectes.

Ci-contre
Maison bioclimatique en pisé à Romagnat. J. Jeannet & P. Scarato, architectes.

Ci-dessous
Logement collectif à Montbrison mixant murs porteurs en pisé préfabriqué et ossature bois.
A. Morand, architecte et N.Meunier, maître d'œuvre.

Réalisation de cloisons en adobes dans une maison en pierre.
Réalisation Makjo.



Ci-dessous
Bâtiment BBC utilisant un mur pisé double isolé. Espace rural de services de proximité, à Marsac-en-Livradois.
B. Bouchet, architecte.

Comprendre le bâti en pisé

Le pisé vit avec son environnement

Les bâtiments en pisé entretiennent une relation sensible avec l'environnement qui les accueille. Leur implantation topographique, leur orientation par rapport aux pluies, au soleil et au vent, la hauteur du soubassement ou encore la forme de la toiture sont autant de facteurs dictés par l'expérience et le bon sens qui contribuent à la longévité des structures. Il est pourtant facile de perturber cet équilibre et d'engendrer d'importants dégâts.

L'eau et les mauvaises pratiques, principaux ennemis du pisé

Les désordres constatés sur le pisé sont principalement liés à des accumulations accidentelles d'humidité, suite par exemple à une fuite dans une toiture ou une stagnation d'eau à la base d'un mur. Ces accidents sont le fruit de mauvaises pratiques ou du manque d'entretien de l'environnement des bâtiments.

Diagnostiquer un bâtiment

Avant d'intervenir sur une structure en pisé, il est important d'établir un diagnostic précis de son état. Il faut pour cela commencer par comprendre comment le bâtiment a évolué dans son environnement car les causes de dégradation sont souvent éloignées du mur. Cela nécessite une double analyse : celle du bâtiment et des pathologies qu'il présente, et celle du site large.

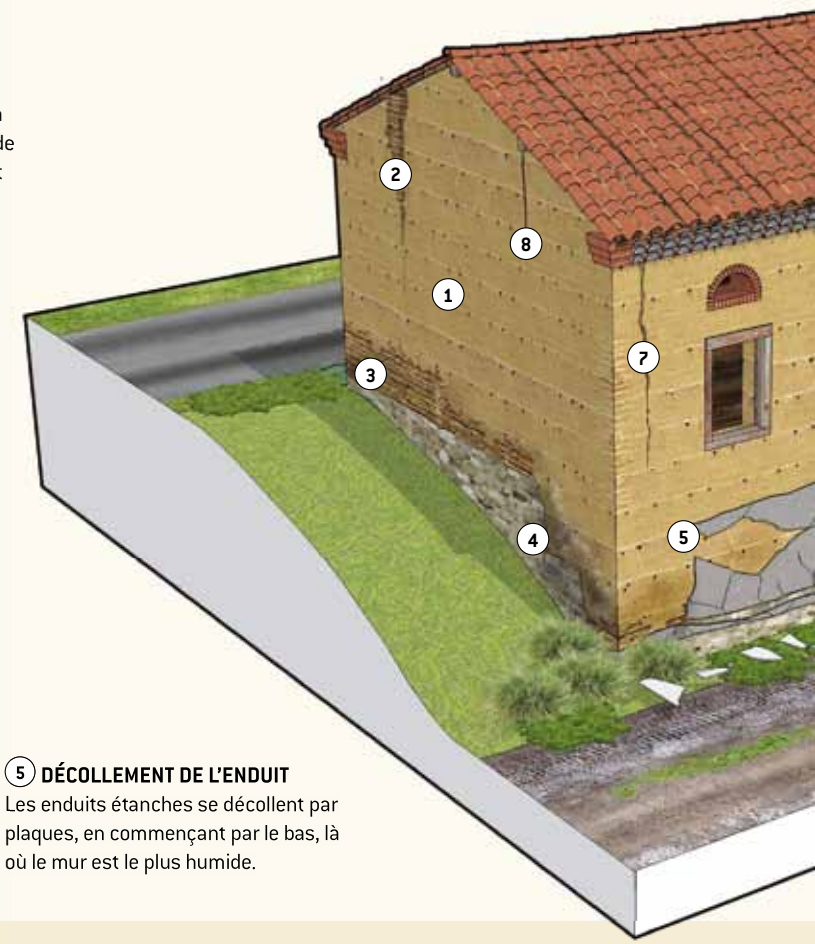
LES PATHOLOGIES DU PISÉ

1 ÉROSION DIRECTE par la pluie
L'érosion par la pluie est très lente, et advient lors des premières années suivant la construction. Le lavage des fines particules de surface expose alors les sables qui protègent le mur et réduisent la vitesse d'érosion.

2 RAVINE
Perte de matière sur un mur liée à un écoulement accidentel d'eau.

3 SILLON DESTRUCTEUR
Bande érodée de la partie basse du mur en pisé, à l'endroit où les remontées capillaires s'évaporent. L'apparition de ces sillons peut être accélérée en hiver, quand le pisé humide gèle.

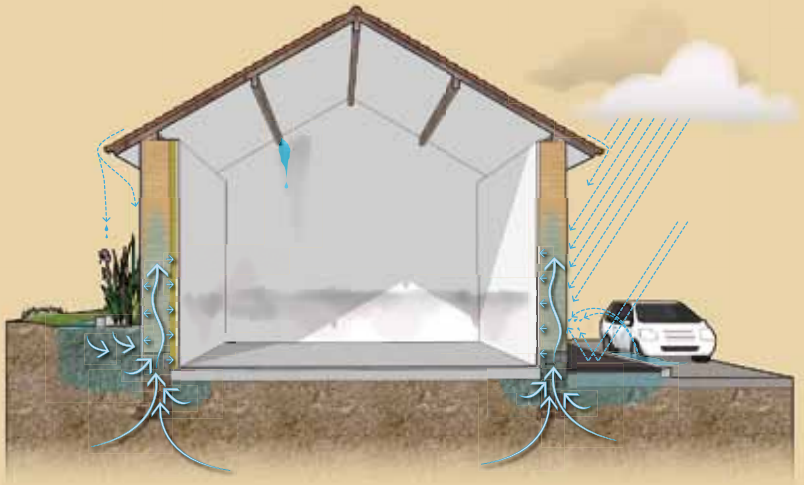
4 SALPÊTRE
L'efflorescence de nitrates en surface de mur, appelée salpêtre, détruit la cohésion du matériau et accélère la formation des sillons destructeurs. Le salpêtre est courant dans les lieux ayant abrité des engrais (nitrates) ou dans les anciennes étables (sels des urines).

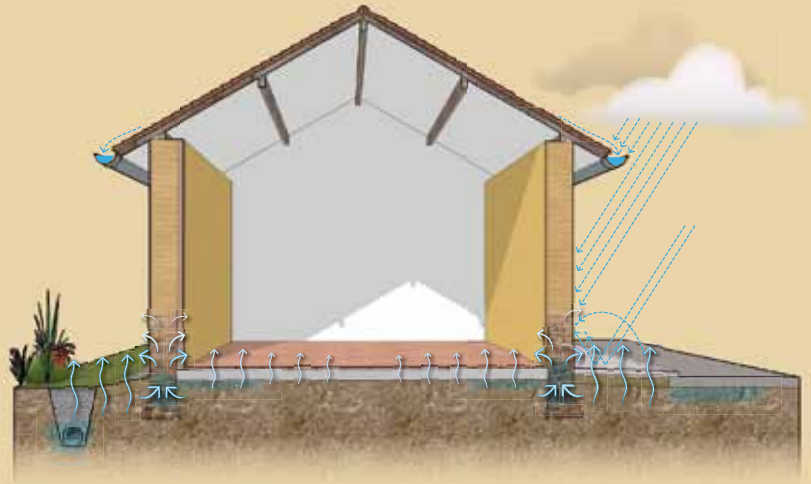


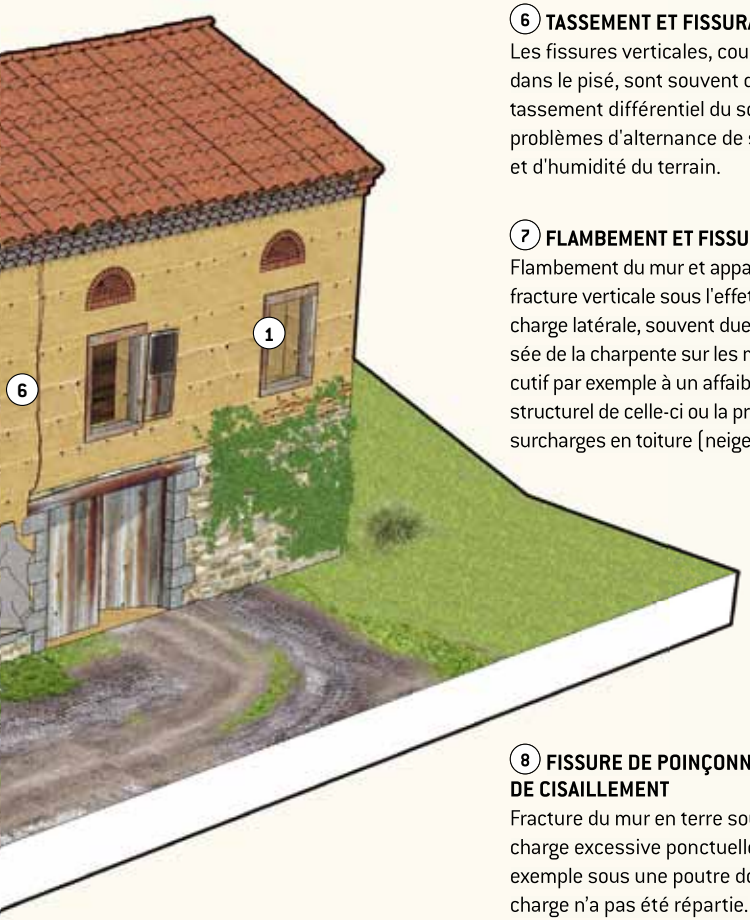
5 DÉCOLLEMENT DE L'ENDUIT
Les enduits étanches se décollent par plaques, en commençant par le bas, là où le mur est le plus humide.

Bâtiment malsain, agressé par différents facteurs

La topographie d'origine a été modifiée entraînant stagnations et désordres structurels.
Des plantations à la base du mur maintiennent l'humidité même par temps sec. Des enduits imperméables empêchent la ventilation naturelle des murs.





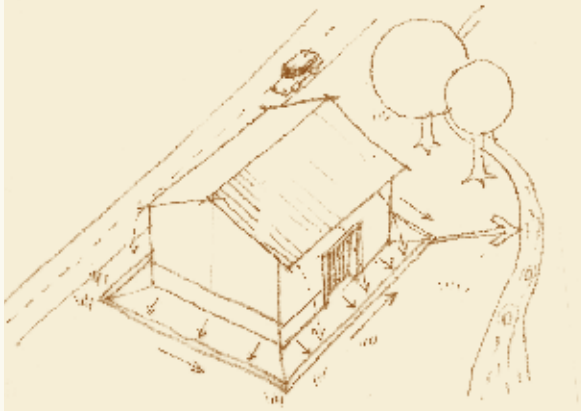


6 TASSEMENT ET FISSURATION
Les fissures verticales, courantes dans le pisé, sont souvent dus à un tassement différentiel du sol lié à des problèmes d'alternance de sécheresse et d'humidité du terrain.

7 FLAMBEMENT ET FISSURATION
Flambement du mur et apparition d'une fracture verticale sous l'effet d'une charge latérale, souvent due à la poussée de la charpente sur les murs, consécutif par exemple à un affaiblissement structurel de celle-ci ou la présence de surcharges en toiture (neige).

8 FISSURE DE POINÇONNEMENT OU DE CISAILLEMENT
Fracture du mur en terre sous une charge excessive ponctuelle, par exemple sous une poutre dont la charge n'a pas été répartie.

Gérer les abords



Laisser respirer la base

Une erreur récurrente, source de nombreuses pathologies humides, est d'étouffer le bâtiment en empêchant ses abords immédiats de respirer.

Deux règles simples sont à retenir si l'on veut garantir la stabilité des ouvrages :

- Les abords du bâtiment doivent rester dégagés et le sol perméable pour que l'humidité du sous-sol s'évapore rapidement : laisser respirer le sol environnant (pas de dalle béton ni revêtement bitume).
- Les pentes du terrain doivent permettre un ruissellement des eaux de pluie loin du bâtiment.

Plantation d'arbres

Les arbres assèchent le sol en profondeur, et sont donc bénéfiques pour les bâtiments en pisé. Ils doivent cependant être plantés à 5 mètres au moins des murs pour laisser passer le soleil qui sèche le pisé et éviter que les racines soulèvent les fondations.

Les drains

Les bâtiments anciens n'étaient généralement pas équipés de drains souterrains. Si un drain est mis en œuvre, il faudra l'installer à distance du mur, pour éviter toute accumulation d'eau sous le bâtiment en cas d'obstruction du tuyau de drainage.
En construction neuve, les drains sont placés contre la fondation pour éviter d'avoir à creuser une tranchée supplémentaire. Ils récupèrent l'excès d'eau à la base et le dirigent vers un puits perdu.

Les erreurs fréquentes à éviter :

- Absence d'entretien des abords favorisant le développement de végétation.
- Éviter de jardiner, planter des parterres de fleurs ou des arbres près des murs.
- Ne pas surélever le sol extérieur au dessus du soubassement,
- Ne pas créer de fossés de drainage contre les murs.
- Blocage de l'évaporation autour du bâtiment par des revêtements étanches tels que des dalles bétons ou des revêtements en asphalte.
- Ne pas utiliser de film plastique étanche sous les dalles intérieures
- Création d'un trottoir ou d'une route le long d'un mur d'enceinte.
- Blocage des ouvertures de caves.

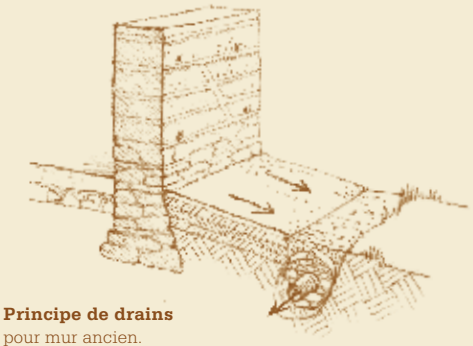
Bâtiment sain, en équilibre avec son environnement

La structure vit avec son environnement. Les échanges d'humidité sont compris et maîtrisés. Les risques majeurs sont écartés par une toiture étanche et un bon drainage des ruissellements à la base.

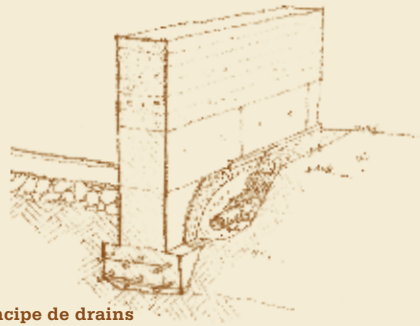
Les pentes de drainage

Le drainage périphérique permet de réduire les problèmes d'humidité à la base des murs. Il consiste à créer une forme de pente en terre compactée le long des soubassements. Une faible pente d'environ 5% suffit. La terre compactée peut être recouverte de gravier ou de tout autre matériau respirant.

Pentes de drainage



Principe de drains
pour mur ancien.



Principe de drains
pour mur neuf.

Traiter la structure

Le pisé ne travaille qu'à la compression

Comme la plupart des murs en terre, le pisé est capable de supporter d'importantes charges en compression, mais ne résiste pas aux efforts de traction ou de flexion. C'est ce qui explique les fréquentes fissures verticales, des ruptures liées au tassement différentiel des bâtiments. Pour empêcher l'apparition de ces fissures, il faut répartir les charges uniformément sur les murs, et drainer convenablement l'environnement du bâtiment, car le pisé perd sa résistance à la compression s'il est imbibé d'eau.

Quelques règles pour éviter les désordres structurels :

- Éviter tous les problèmes liés à une présence d'eau trop abondante dans les sols, dans les murs ou à proximité
- Percer les nouvelles ouvertures loin des angles
- Ne pas faire de grandes ouvertures larges avec linteau béton entraînant un tassement des jambages
- Bien répartir les charges ponctuelles de poutres ou de fermes
- Ne pas affaiblir les murs en pisé en pratiquant des saignées trop profondes horizontalement ou verticalement

Témoin en plâtre sur une fissure

Atelier d'artiste à Ambert.
Etienne Astier, architecte.

REHAUSSER UN BÂTIMENT

Il est courant de voir des toitures de granges rehaussées pour accueillir une nouvelle fonction. Ces rehausses se font habituellement en béton et parpaings, ce qui entraîne des pathologies structurelles, le pisé travaillant aux différences d'hygrométrie et non aux différences de température comme le béton. Il est préférable de rehausser les murs en pisé, voir même en ossature bois pour limiter les charges.

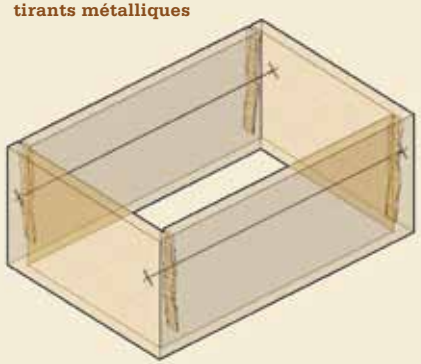
REPRISE DES FISSURES

Avant toute reprise de fissure, il faut vérifier la stabilité de l'ouvrage en plaçant des témoins. Si la fissure est vivante, il faut établir la cause du mouvement et l'éliminer. Une reprise du drainage évitant les infiltrations d'eau à la base des murs suffit généralement à stabiliser un bâtiment en terre. Une fois les fissures « mortes », ce qui peut prendre plusieurs semaines, il est alors possible, si besoin, de renforcer les structures à l'aide de tirants, chaînages ou contreforts, et de combler les fissures à la terre. Les fissures les plus importantes peuvent être suturées à l'aide de clés en bois noyées dans la reprise du mur en terre.

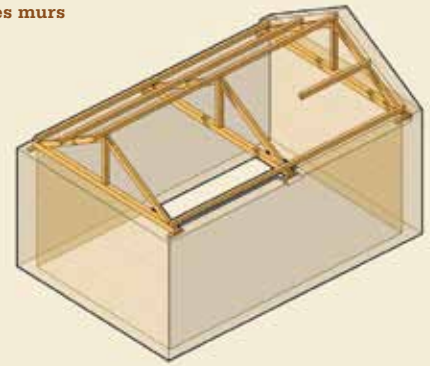
CHARPENTE OU PLANCHER FAISANT CHAÎNAGE

La création d'un plancher ou la reprise d'une charpente offrent la possibilité d'intégrer dans les bâtiments des cadres horizontaux en bois rigidifiant les structures. S'ils sont bien liés au mur, ils peuvent jouer le rôle de chaînage.

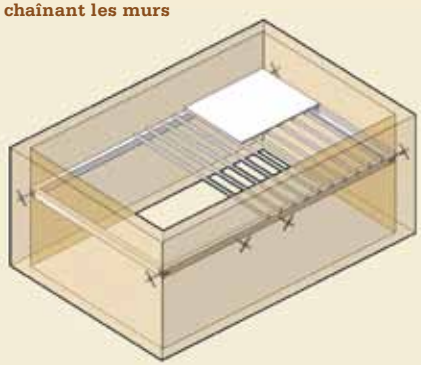
Stabilisation de murs par tirants métalliques



Charpente bois chaînant les murs



Plancher sur muraillière chaînant les murs



Exemples de reprise de fissure.

CRÉER UN PLANCHER

POUTRES MAÎTRESSES INTÉGRÉES DANS LE MUR

L'intégration de nouveaux planchers en bois est courante et tout à fait adaptée aux structures en pisé. Le plancher repose sur des poutres maîtresses porteuses dont les extrémités sont ancrées dans les murs en pisé. Ces poutres doivent reposer sur une large semelle de répartition pour éviter les efforts de poinçonnement.

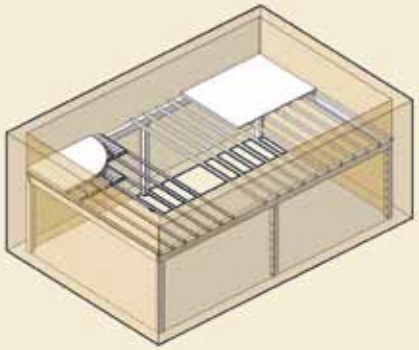
PLANCHER SUR MURAILLÈRE

Une autre solution couramment employée consiste à fixer une muraillère le long des murs pour porter le plancher. Cette solution plus simple à mettre en œuvre doit être réservée aux planchers de faible portée car elle ne permet pas une bonne répartition des charges au centre du mur. La muraillère est tenue en place par des boulons ou des tirants métalliques traversant le mur.

PAS DE PLANCHER BÉTON

Les planchers béton sont à éviter car ils engendrent une surcharge importante du pisé. Leur mise en œuvre requiert des tailles importantes dans les murs ce qui fragilise la structure. L'eau du béton au moment du coulage est également une source potentielle d'accident. Ces solutions sont bien souvent irréversibles sans destruction du pisé.

Plancher intermédiaire sur poteaux constituant une structure indépendante.



Réalisation d'un plancher sur muraillère dans une grange en pisé.
La muraillère est ancrée à l'aide de tirants métalliques à la fois sur les murs pignons et gouttereaux.

CRÉER DES OUVERTURES

INTÉGRATION ARCHITECTURALE

La création d'ouvertures est une étape incontournable dans la réhabilitation de granges en pisé pour accueillir des logements. Les ouvertures vont apporter la lumière et la ventilation, et révéler un langage architectural contemporain qu'il faut soigner. Les proportions verticales des ouvertures traditionnelles doivent inspirer les nouveaux percements, qui peuvent être plus grands, mais qui doivent garder le même rapport hauteur/largeur. Les ouvertures doivent également s'aligner sur celles existantes et respecter la composition des façades. Il est préférable de composer verticalement plutôt que horizontalement pour la réalisation de grandes ouvertures, de préférence sur toute la hauteur du mur.

État initial d'une ferme en pisé.

Proposition 1 : de nouveaux percements sont réalisés en respectant les proportions et le rythme de l'existant

Proposition 2 : Des ouvertures verticales sur toute la hauteur du mur sont possibles, elles seront de préférence réalisées en continuité de l'existant. Des parties de mur en pisé très dégradées (fissure, ravine, effondrement) peuvent être également un endroit privilégié pour réaliser ce type d'intervention

QUELQUES RECOMMANDATIONS STRUCTURELLES

Le percement d'une ouverture dans un pan de pisé modifie la descente des charges sur le mur et crée un point de fragilité propice aux fissurations. Il convient de limiter la largeur des ouvertures à 1/3 de la longueur du mur. Le positionnement de l'ouverture est également un facteur important à considérer : on place les ouvertures loin des angles de mur, et jamais sous un appui de charpente.
L'option la plus simple pour s'affranchir des risques de fissuration est de percer le mur sur toute sa hauteur pour y intégrer portes, fenêtres et panneaux de remplissage en bois. Il faut toutefois s'assurer que ce découpage de la structure n'entrave pas la stabilité des murs.

PERCEMENT DES OUVERTURES

Le percement peut se faire par exemple par demi-face, en deux étapes identiques. Après avoir marqué l'emplacement de l'ouverture, le mur est creusé sur la moitié de son épaisseur seulement, puis les jambages et le linteau sont installés (bois, maçonnerie appareillée ou banchée).
Le lindage doit être solide et bien ancré dans le pisé qui résiste mal aux battements de portes et fenêtres. Une fois que la première face est terminée et parfaitement sèche, la deuxième peut être percée selon le même principe. Les reprises du mur autour de l'ouverture peuvent être masquées par un bandeau d'enduit, réalisé avec la terre récupérée lors du percement.

Percement d'une ouverture dans un mur en pisé.

Une nouvelle porte dans une construction en pisé.

Réparer les murs

Le pisé se répare avec de la terre

Le pisé ne se marie qu'avec les matériaux partageant les mêmes comportements aux variations d'humidité et de température. L'ajout de matériaux rigides tels que le parpaing de ciment ou le béton armé sur une structure en pisé est esthétiquement malheureux et structurellement risqué, car le mélange des matériaux engendre des comportements différentiels favorables aux déversements, poinçonnements, ruptures et écroulements. Les reprises doivent se faire à la terre pour préserver à la fois l'intégrité physique de la structure et l'harmonie esthétique des murs.
Quelle que soit la technique de mise en œuvre de la terre retenue, des essais préalables ou les conseils d'un professionnel spécialisé sont indispensables.

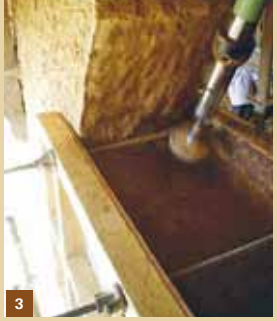
PRÉPARER LES CAVITÉS ET LES MURS

Il est important de préparer une cavité ou un mur avant d'intervenir pour garantir la bonne tenue de la réparation. Pour cela, il faut nettoyer la partie à traiter en enlevant toutes les parties ayant perdu leur cohésion. Dans la cas d'une cavité, il faut également sculpter le mur pour d'une part assurer une bonne assise horizontale à la base, et d'autre part permettre à la matière ajoutée de s'encastrer efficacement sur les côtés et au sommet. La partie à réparer devra être progressivement humidifiée sans ruissellement, avant d'être comblée à la terre. La réparation doit contribuer à la descente des charges, qui doit se faire sur toute l'épaisseur du mur.

RÉPARER UNE BASE ÉRODÉE

Si l'érosion n'est que de quelques centimètres, un damage latéral à la massette est possible. Pour des érosions importantes, l'usage de blocs, adobes, BTC ou de morceaux solides de pisé, maçonnés à l'aide d'un mortier de terre est une solution. Les adobes peuvent être achetées ou moulées sur place avec la terre du site si l'espace le permet. Il faut compter 8 à 10 jours de beau temps pour que les adobes soient utilisables. Pour homogénéiser la surface du mur un enduit peut être appliqué ultérieurement sur la réparation.

1


3

1. Reprise d'un soubassement au mortier de terre.
2. Reprise d'un trou peu important avec un mortier de terre très graveleux pour limiter le retrait.
3. Reprise d'un morceau de mur en pisé devenu trop instable. Détruit puis reconstruit.
4. Reprise d'un angle et d'une base de mur en maçonnerie d'adobe.
5 à 8 Étapes de la reprise d'un angle dégradé au béton de terre.

5

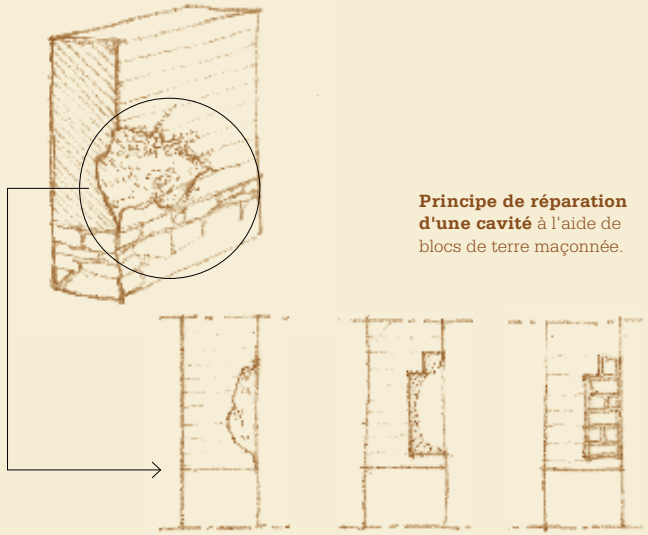
6

2

4

7

8



Principe de réparation d'une cavité à l'aide de blocs de terre maçonnée.

REPRISES IMPORTANTES AUX ANGLES ET SOMMETS DE MURS

Pour reconstruire un angle détruit ou restaurer le sommet ou une partie importante d'un mur, il est possible de refaire du pisé en installant un coffrage contre le pisé d'origine. La terre extraite des murs lors du percement d'ouvertures peut être recyclée à cet effet, ce qui garantira une unité de couleur et de texture entre le pisé d'origine et la terre rapportée.

REPRISES ESTHÉTIQUES NON STRUCTURELLES

Les défauts non structurels et peu profonds (ravines, fissures "mortes", arrachements...) peuvent être comblés pour rendre au mur son aspect d'origine. Ces reprises en surface peuvent se faire à l'aide de terre légèrement humide comprimée à la massette, d'enduits, voire même de simples badigeons.

Maison à Beurières : restauration des angles hauts des murs, reprise de la façade par pisage horizontal et création d'une porte fenêtre.

Valoriser l'histoire des murs

Les murs en pisé sont souvent constellés de percements racontant des histoires, comme les « trous de boulins » qui révèlent la technique de mise en oeuvre de la terre. Certaines cavités indiquent l'emplacement d'un élément démonté et nous renseignent sur des usages disparus. Boucher ces trous pour lisser les murs reviendrait à effacer toutes les histoires qu'expriment les façades.

LES TECHNIQUES

Réparations structurelles ou importantes

PISÉ "VERTICAL": Reprise ou reconstruction d'éléments structurels de tout ou partie d'un mur. Nécessite d'adapter un coffrage aux murs d'origines encore stables qui servent de base à la reprise.

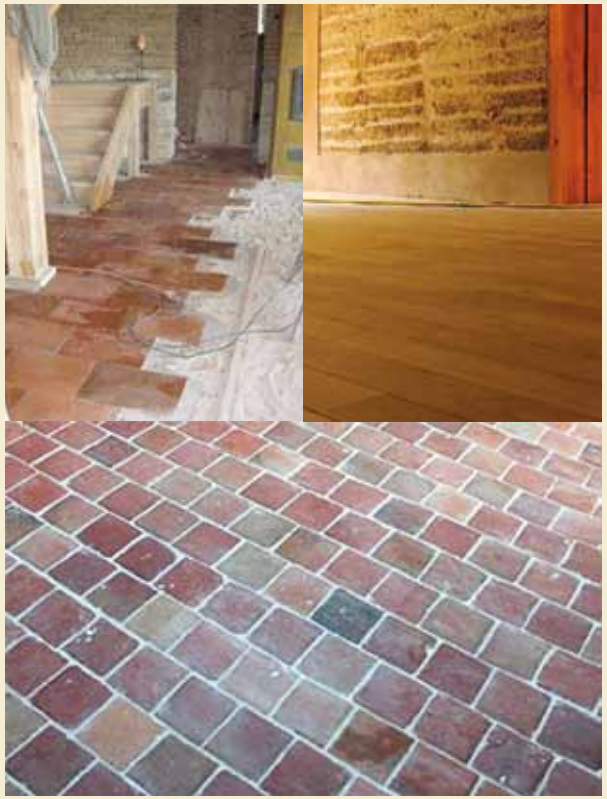
MAÇONNERIE D'ADOBES, DE BLOCS DE TERRE COMPRIMÉE OU DE MORCEAUX DE PISÉ : pour les espaces difficiles à combler en pisant : fissures, bases des murs ou sous la toiture. La maçonnerie de ces éléments se fait au mortier de terre. Quand les réparations affectent la structure du bâtiment les réparations doivent souvent être faites par étapes successives en respectant des temps de séchage et de tassement.

Réparations non structurelles

PISÉ "HORIZONTAL" : pour combler des trous en surface de mur. La terre est compactée à l'aide d'une massette.

COULER DE LA TERRE : Pour combler des trous non structurels plus importants, la technique dite du "pisé coulé" consiste à couler un mélange de terre à pisé très graveleux, à l'état plastique, dans un coffrage. Un tamisage de la terre permet de séparer la fraction fine, utilisable pour les enduits, de la fraction grossière que l'on va humidifier puis couler. Cette technique demande des essais préalables pour trouver la bonne caractérisation de la terre afin d'éviter les phénomènes de retrait.

Réaliser des sols intérieurs

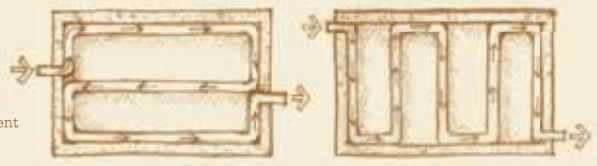


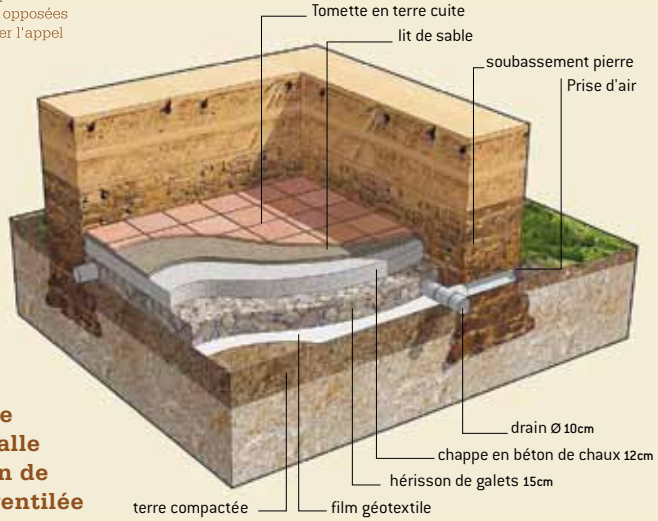
REVÊTEMENTS RÉNOVATION : Il faut absolument éviter l'usage de matériaux étanches tels que les carrelages, les chapes de ciment, le linoléum ou les moquettes qui bloquent l'évaporation et concentrent l'humidité dans les murs seuls. Les matériaux perméables sont nombreux : terres cuites (non cirées), béton de terre, ou revêtements bois (non vitrifiés).

Bâti ancien : perspiration

EN RÉNOVATION, la principale exigence des sols est de laisser passer l'humidité, pour réguler l'hygrométrie et éviter les remontées capillaires trop fortes dans le pisé. L'idéal est de pouvoir réduire l'humidité présente en sous-sol en créant une dalle perspirante sur hérisson ventilé. Cette dalle peut intégrer des couches isolantes (chaux-pouzzolane ou chaux-chanvre par exemple) pour éviter la sensation de froid en surface, mais elle doit permettre les échanges d'humidité. L'insertion d'un film plastique sous la dalle est à proscrire.

Création d'un drain intérieur ventilé
Le drain est placé en tranchée sur la périphérie intérieure des murs. Des tranchées intermédiaires peuvent être créées pour les pièces. Les prises d'air, une basse et une haute, sont placées sur des façades opposées pour favoriser l'appel d'air.

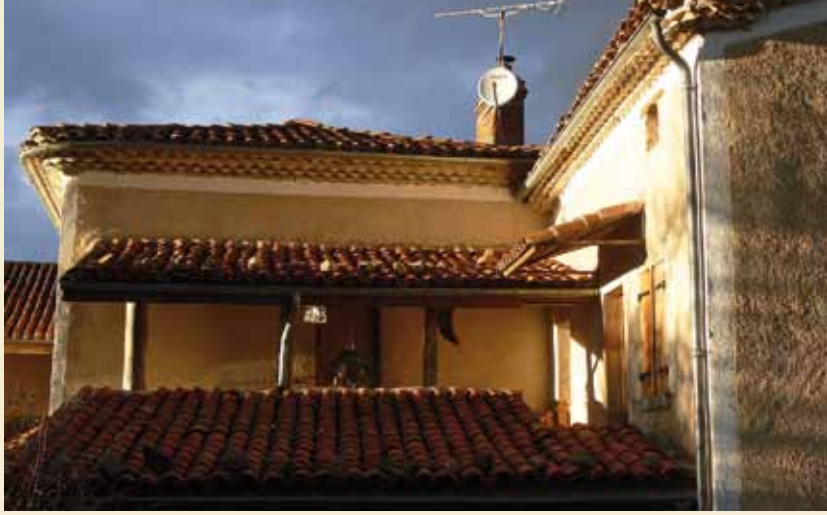




Exemple d'une dalle en béton de chaux ventilée

Réalisation d'un sol en terre
Damée à l'état légèrement humide comme un pisé ou coulée à l'état plastique, la terre est un excellent matériau pour faire des sols. Ces techniques innovantes nécessitent une phase d'expérimentation pour trouver la meilleure technique de mise en œuvre en fonction de la terre disponible.

Rénover la façade



Domaine de la Siarre
à Sermentizon.
Rénovation des enduits

Restaurer une façade non enduite

Il n'est pas nécessaire d'enduire un mur en pisé, surtout s'il a résisté plus d'un siècle aux intempéries. Traditionnellement, il était fréquent d'enduire les façades des logements, et de laisser les autres façades exposées, laissant le pisé apparent. La rénovation de façade non enduite est possible par des reprises superficielles : comblement du mur et harmonisation de sa couleur. Si un enduit s'impose, parce que les murs ont été défigurés par des dégradations répétées, il faudra alors respecter la typologie des enduits locaux.

Exemples de rénovation de façades, de gauche à droite. Reprise complète d'un enduit décoré, sable, terre locale et chaux. Restauration d'une façade non enduite en pisé. Rénovation d'un enduit à la chaux.

Reprendre un enduit de façade

Les enduits du Livradois-Forez sont rarement d'une seule couleur. Ils se caractérisent généralement par des bandeaux horizontaux au niveau des linteaux et appuis de fenêtre, et des bandeaux verticaux dans les angles. Les reprises doivent respecter cette tradition de façades décorées.
Ces enduits traditionnels sont souvent à base de sable de rivière, de terre, et de chaux, les décors peints à base de badigeon de chaux.

Enduits extérieurs en terre

Pour des façades détériorées par l'érosion ou par des réparations il est possible de reprendre et d'unifier les murs en pisé. Comme pour les reprises superficielles, la terre à pisé est utilisable en enduit à condition de la tamiser et éventuellement de l'amender de sable ou de fibres. Enduire à la terre permet de garder les qualités esthétiques du pisé, en respectant la couleur et la texture du mur.

Autres enduits compatibles

Pour les murs extérieurs exposés aux pluies battantes, il est possible de protéger le corps d'enduit en terre avec une fine couche de sable-chaux. Cette finition reste perspirante si elle n'est pas trop stabilisée.
Les enduits en terre (corps d'enduit + couche de finition) peuvent être stabilisés dans la masse avec un liant artificiel tel que la chaux (mélange chaux aérienne et chaux hydraulique), qui n'altère pas la couleur de la terre.

Les enduits traditionnels aux couleurs des sables locaux sont composés de sable de rivière (ex. sable de la Dore) et de terre locale (ex. gore de Sementizon) et d'un liant composé de chaux aérienne (parfois ajout de chaux hydraulique naturelle également).
L'utilisation de terre locale et l'ajout de terre, type terre de sienne, permet d'obtenir des teintes identiques aux enduits anciens.
Dans tous les cas, il est conseillé de faire des essais avant d'appliquer de grandes surfaces d'enduit. Il est également recommandé de limiter le taux de stabilisation au minimum pour éviter les comportements différentiels entre parties en terre crue (souples) et parties stabilisées (rigides).

Une alternative simple : Le badigeon de terre

Le badigeon de terre reprend la même proportion de terre et de sable que l'enduit de terre avec un tamisage plus fin (4 mm). Il s'applique très liquide avec un pinceau large et souple, en plusieurs couches successives. Après séchage, la surface est travaillée à l'éponge mouillée pour boucher les petites fissures de retrait et faire ressortir les sables.

Erreurs courantes à éviter

Les enduits étanches, à base de ciment ou de produits hydrofuges, bloquent la respiration du pisé et accélèrent la dégradation du mur par l'intérieur. Il faut rejeter ce type de produits. Dans le cas d'enduits prêts à l'emploi demander leur composition. Attention, un enduit à la chaux peut créer le même type de désordre s'il est trop épais, trop serré ou trop rigide (fort dosage de chaux, chaux très hydraulique).

Pas de grillage d'accroche

Le grillage n'est d'aucune utilité pour un enduit bien réalisé. Son utilisation pour la fixation des enduits est un palliatif à la mauvaise accroche d'un enduit trop rigide et trop étanche. Si le grillage empêche le mur de se débarrasser de cette couche étanche, l'eau va s'y accumuler et le détériorer.

Avant et après reprise de l'enduit

Remplacer un enduit au ciment

Les enduits épais sable-ciment doivent être enlevés, et remplacés par des enduits perspirants. Après avoir décroûté le mur, il faut le laisser plusieurs jours voir plusieurs semaines à l'air libre pour le laisser sécher en profondeur avant d'effectuer des réparations et de l'enduire à nouveau si besoin.

Enduire en terre

Enduit terre/chanvre servant de correction thermique dans une maison traditionnelle en pierre.

Les enduits intérieurs en terre
Ils jouent un rôle à la fois décoratif et contribuent au confort hygrothermique de l'habitat. Sur des épaisseurs importantes et mélangé à des fibres (chanvre, paille...), ils peuvent-être un complément d'isolation intéressant pour des maisons anciennes au murs épais en pierre ou en terre.

1. Terre/paille hachée - 2. Terre brossée - 3. Terre brossée - 4. Terre polie - 5. Terre talochée - 6. Badigeon de terre

AVANTAGES, les enduits en terre :
- respirent,
- absorbent l'humidité de l'air,
- adhèrent parfaitement au pisé,
- résistent au feu,
- sont simples et rapides à mettre en œuvre,
- peuvent être indéfiniment retravaillés en les remouillant,
- sont faciles à réparer,
- ne renferment pas de substance polluante,
- sont manipulables à main nue,
- sont faciles à travailler et modeler,
- ne décolorent pas dans le temps,
- sont économiques.

INCONVÉNIENT, les enduits en terre :
- Ne résistent pas au ruissellement.

Finitions
La terre permet une infinité de finitions de surface selon qu'elle est modelée à la main, talochée, lissée, travaillée à l'éponge ou grattée. L'ajout de fibres ou de sables colorés permet également de jouer sur sa texture.

Provenance des terres
Les enduits en terre prêts à l'emploi sont de plus en plus courants sur le marché des matériaux. Si certaines terres sont peu transformées, il faut savoir qu'elles font souvent des centaines de kilomètres avant de parvenir sur les chantiers, et que certaines terres sont préparées en mélangeant des argiles, des sables de carrières différentes et des adjuvants pour éviter les phénomènes de farinage en surface. Pour des raisons de couleur, de texture, mais également dans une logique écologique, une terre locale est tout à fait appropriée à la réalisation d'enduits.

Enduits terre et pièces humides
Les enduits en terre ne sont pas incompatibles avec les pièces humides (salle de bain, cuisine, buanderie...) car ils régulent l'hygrométrie et contribuent de manière significative au confort thermique. Seuls les murs exposés aux projections (douche, proximité des éviers) devront recevoir des parements étanches. Les autres murs peuvent être enduits en terre ou laissés en matériau apparent : pisé, brique, etc.

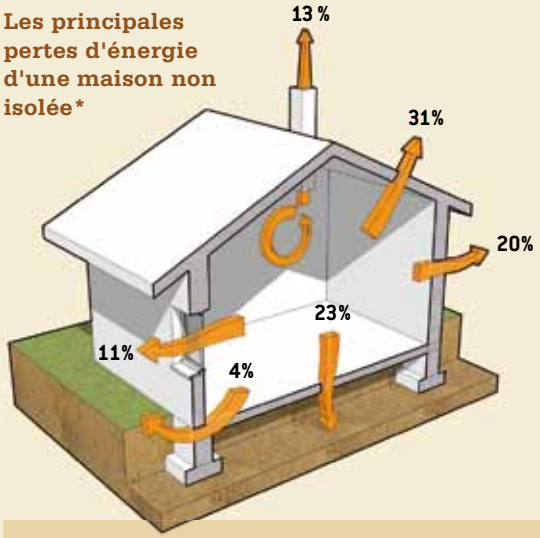
Mise en œuvre d'un enduit en terre
Un enduit doit à la fois être esthétique, perméable à la vapeur d'eau et s'accrocher au support, ce qui nécessite le plus souvent plusieurs couches, remplissant chacune un rôle particulier : accroche, forme, finition. Les mortiers doivent avoir une bonne perméabilité à la vapeur d'eau et avoir une résistance la plus proche possible du support sur lequel ils sont appliqués (dosage progressif dans le cas d'une stabilisation).

Comprendre les qualités thermiques du pisé

Le pisé n'est pas un bon isolant mais il a des caractéristiques très intéressantes pour le confort thermique de l'habitat. Sa densité et sa capacité à absorber ou rendre de l'humidité contribuent directement à la régulation de deux facteurs essentiels dans ce confort : l'hygrométrie et la température. Ajoutée à de grandes quantités de fibre (paille, chanvre, etc.), la terre à pisé peut se transformer en bon isolant pour le doublage de murs.

Espace de serre dans une maison à Trézioux.
Murs masse en pisé
J. Jeannet & P. Scarato, architectes.

Les principales pertes d'énergie d'une maison non isolée*



Selon les méthodes actuelles de calcul thermiques, les caractéristiques des murs en pisé ne répondent pas aux exigences d'isolation.
Mais avant d'isoler les murs en pisé et de se priver du confort hygrothermique qu'ils apportent, il faudra s'assurer que les autres sources de déperditions thermiques sont traitées.

Le confort thermique d'une habitation dépend principalement de :

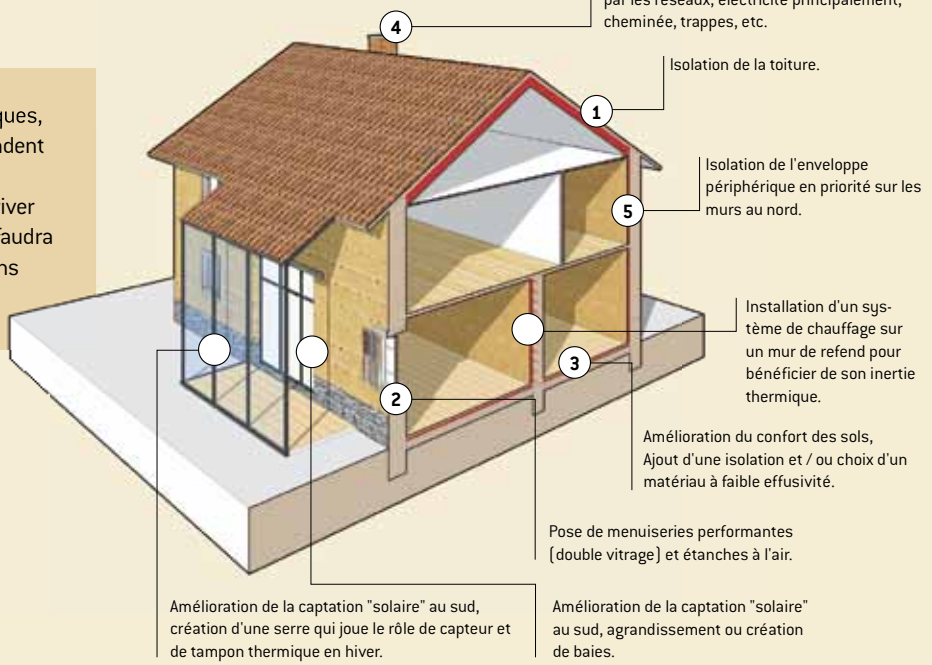
- la température de l'air ambiant,
- la température des murs et du sol,
- le taux d'humidité de l'air,
- la vitesse de déplacement de l'air,
- l'activité des habitants.

Améliorer le confort thermique d'un bâtiment en pisé

De nombreuses interventions peuvent optimiser le confort thermique d'une maison en pisé (recommandations principalement pour le confort d'hiver) :

- réduire les déperditions de chaleur en isolant en priorité la toiture, les menuiseries, le sol, et enfin les murs en particulier les façades non ensoleillées,
- augmenter la surface de captage au sud : agrandissement ou création d'ouvertures, construction d'une serre (améliore les captations diurnes et réduit les déperditions nocturnes),
- installer une source de chaleur (poêle, mur chauffant...) contre un mur de refend qui emmagasinera les calories.

Exemple et priorité d'intervention
pour l'amélioration thermique d'une construction en pisé



Avantages du pisé pour le confort thermique

L'HIVER

- Matériau à forte inertie, capable de stocker de la chaleur et de la restituer par rayonnement. L'inertie permet des variations très lentes de température.
- La terre maintient l'humidité de l'air à un taux faible, ce qui permet d'abaisser la température de confort, et donc d'économiser de l'énergie. Cette capacité évite également les problèmes de condensation. Cela ne fonctionne que si les murs restent apparents, ou qu'ils sont doublés avec des matériaux perspirants.

L'ÉTÉ

- Matériau déphasant qui ralentit le transfert de chaleur et permet un réel confort d'été. Un mur de 40 cm procure un déphasage de 10 à 12 heures, ce qui signifie que la fraîcheur nocturne est restituée le jour.
- L'humidité accumulée dans les premiers centimètres des murs en pisé avec la fraîcheur de la nuit s'évapore durant la journée en créant un refroidissement du mur en surface et une climatisation naturelle de la pièce.

Maison bioclimatique à ossature bois. Mur masse en pisé adossé au poêle à bois.

Maison bioclimatique en pisé. Les murs massifs en pisé, complétés sur les murs extérieurs d'un mortier isolant chaux-chanvre participent au confort de l'habitation.

Faiblesses

Selon les méthodes de calcul actuelles, la densité du matériau lui confère de mauvaises propriétés isolantes. Sa conductivité thermique est relativement élevée, et oscille entre $0,6 < \lambda < 0,9$ W/m.K en fonction de nombreux paramètres à la fois physiques (densité) et dynamiques (taux d'humidité). Cela donne une résistance variant de $0,44 < R < 0,66$ m².K/W pour un mur de 40 cm.

* sources (Guide de recommandation DPE, v3 mars 2009, Ministère du logement)

Isoler un mur en pisé

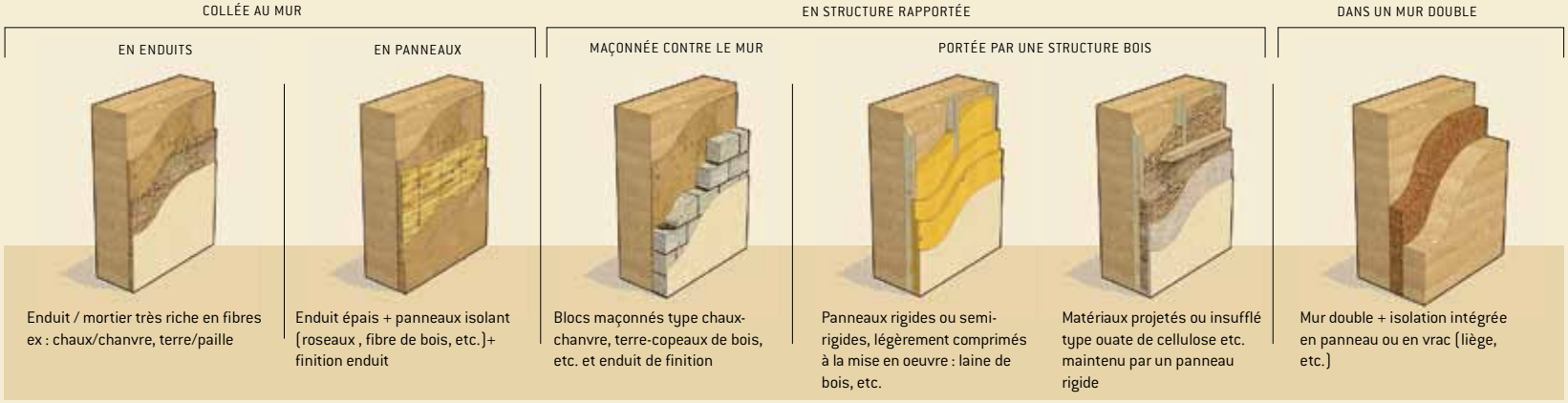
Mortier de chanvre en complément d'isolation thermique dans une maison contemporaine en pisé. J. Jeannet & P. Scarato, architectes.

Pour isoler un mur en pisé de nombreuses solutions existent, l'isolation pourra être soit : ***collée directement au mur***, par exemple sous la forme d'un enduit épais fibré, ***constituée d'une structure rapportée***, maçonnerie de blocs isolants ou structure bois portant l'isolant (en vrac, en laine ou en panneau), ou intégrée dans ***un mur double*** en pisé. Dans tous les cas, les isolants doivent être plaqués contre le mur en pisé, et offrir les mêmes qualités perspirantes que le mur pour ne pas perturber les échanges d'humidité et éviter les phénomènes de points de rosée.

Matériaux compatibles

Terre ou chaux mélangées avec des fibres naturelles : paille, copeaux de bois, chenevotte de chanvre... sous la forme d'enduits, de blocs ou dans une ossature rapportée.
Panneaux de fibres d'origine végétale : roseaux, chanvre, fibre de bois, liège, etc. Matériaux projeté ou insufflé : ouates de cellulose, etc.
Pour éviter les problémes de condensation, l'isolant doit être en contact direct et continu avec le mur et avoir un fort pouvoir de capillarité et de perspiration.

Quelques principes d'isolation sur un mur en pisé en extérieur ou intérieur (de la correction thermique à l'isolation performante)



Avantages et inconvénients des différentes solutions d'isolation

	AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
ISOLATION INTÉRIEURE	• facilité de mise en œuvre, car l'isolant repose sur le sol existant • préserve la beauté du pisé en façade • la ventilation des murs extérieurs est optimale • permet l'installation de réseaux sans avoir à tailler les murs	• ne neutralise pas tous les ponts thermiques • ôte les bénéfices de l'inertie thermique des murs périphériques • peut bloquer la respiration du mur ou entraîner des problèmes d'humidité cachée si des techniques ou matériaux mal adaptés sont employés.
ISOLATION EXTÉRIEURE	• isolation "complète " • élimine les ponts thermiques • préserve les qualités d'inertie des murs en pisé	• cache le pisé • plus rarement pratiquée • nécessite souvent la mise en œuvre d'un support de fixation (structure ou fondation) • requiert un échafaudage • peut bloquer la respiration du mur ou entraîner des problèmes d'humidité cachée si des techniques ou matériaux mal adaptés sont employés.
MURS DOUBLES ISOLATION INTERCALÉE	• préserve la beauté du pisé en façade et en intérieur • préserve les qualité d'inertie des murs en pisé	• uniquement destiné à la construction neuve • technique complexe rarement pratiquée donc onéreuse • peut bloquer la respiration du mur ou entraîner des problèmes d'humidité cachée si des techniques mal adaptées sont employées.

Murs chauffants

Les murs en pisé se prêtent bien à l'installation de murs chauffants.
Le principe consiste à installer un système de chauffage à basse température (≈ 30°C) sur une grande surface de mur. La chaleur diffusée par rayonnement à hauteur du corps augmente le confort et élimine la sensation de paroi froide. L'utilisation d'une eau moins chaude que dans des radiateurs muraux contribue au confort en réduisant les courants d'air par convection.

Organiser son chantier

Savoir-faire et entreprises

Il est déconseillé de se lancer dans un chantier pisé sans aucune expérience. En Livradois-Forez, plusieurs professionnels maîtrisent les techniques du pisé, certains se sont même spécialisés dans la construction en terre.

Coût, rendement et temps de travail

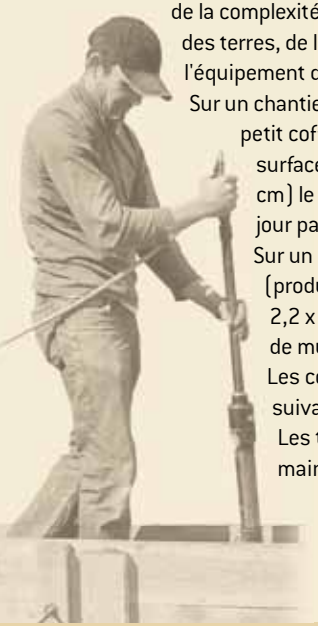
Le coût des murs est principalement lié au temps de mise en oeuvre du m² de mur et du nombre d'ouvriers. Ce rendement varie en fonction de la complexité de l'ouvrage à construire, de la disponibilité des terres, de l'organisation du chantier, de l'expérience et de l'équipement de l'entreprise.

Sur un chantier à faible rendement (rotation importante d'un petit coffrage, faible mécanisation, mur épais et petite surface à construire, par exemple 15 m² de pisé en 60 cm) le rendement est d'environ 0,75 m² de mur par jour par personne.

Sur un chantier à bon rendement, type préfabrication, (production de banchée préfabriquée identique de 2,2 x 1 x 0,5 m) le rendement est d'environ 1,3 m² de mur par jour par personne.

Les coûts d'un m² de mur peuvent varier de 1 à 3 suivant le contexte.

Les temps ci-dessus intègrent l'ensemble de la main d'oeuvre, la préparation du chantier et le nettoyage. Une fois que tout est en place, un piseur expérimenté peut compacter 1 m² de mur en moins d'une heure.



Main d'œuvre

La mise en œuvre du pisé nécessite la présence d'au moins trois personnes sur le chantier, un travaillant dans la banche au compactage, et les deux autres préparant et convoyant la terre jusqu'à la banche.

Préfabrication

La préfabrication en atelier de banchées de pisé permet de travailler en toute saison, mais nécessite une très grande préparation : organisation, conception des détails, transport. Elle demande également beaucoup plus d'énergie du fait des transports successifs de terre.

Auto-construction

L'aide à l'auto-construction, mise en place sur plusieurs chantiers sur le territoire du Parc, montre que les professionnels sont ouverts à des modes d'organisation alternatifs et qu'ils sont prêts à partager leur savoir.

En haut à droite Manutention d'une banchée préfabriquée pour un chantier à Montbrison.

Ci-contre Chantier "pisé" d'une maison individuelle à Thiers. J. Jeannet & P. Scarato, architectes.

SÉCURITÉ

Comme tout chantier, travailler sur un bâtiment en pisé n'est pas sans risque et des accidents peuvent survenir. Pour toute intervention sur la structure, il est indispensable de faire appel à des professionnels connaissant bien le pisé, architectes et entrepreneurs, pour le diagnostic, la conception du projet et la mise en oeuvre des ouvrages.

ASSURANCES

Les chantiers de construction et de rénovation en pisé réalisés par les professionnels du bâtiment sont couverts par leur assurance à condition d'être conforme aux matériaux et modes de construction traditionnels et mis en oeuvre dans le respect des règles de l'art.

En second oeuvre, le caractère non inflammable de la terre, lui donne un place de choix dans les matériaux de décoration.

LES ÉQUIPEMENTS D'UN CHANTIER EN PISÉ

EXTRACTION

Une pelleteuse peut facilement extraire 100 m³ de terre en une journée, soit suffisamment pour construire les murs d'une maison individuelle de 170 m². Les mottes de terre peuvent ensuite être cassées manuellement ou à l'aide d'un motoculteur.

MALAXAGE/PRÉPARATION

La terre n'a pas besoin d'être malaxée, sauf si elle est trop sèche (humidification au pulvérisateur) ou qu'elle doit être stabilisée. Dans ce cas, un malaxeur à axe vertical ou un godet malaxeur sont les outils les plus employés.

TRANSPORT

La mécanisation du transport de la terre dans le coffrage permet un gain de temps considérable. Une pelle mécanique équipée d'un godet malaxeur permet de servir un mélange homogène dans le coffrage.

COFFRAGE

Les types de coffrage sont nombreux, et se caractérisent par leur maniabilité et leur flexibilité de réglage pour la production de murs différents. Dans tous les cas, il est recommandé de simplifier la conception des murs en pisé pour éviter la multiplication des coffrages différents.

FOULOIR

Les fouloirs sont manuels ou pneumatiques. Le fouloir manuel est en bois dense (chêne par exemple), et se fabrique facilement. Le fouloir pneumatique est en métal, et doit être couplé à un compresseur d'air.

Mise en oeuvre de la terre à l'aide d'un godet malaxeur.

trouver un pro...

...en savoir plus

www.pise-livradois-forez.org

Un site internet dédié au pisé en Livradois-Forez.
Vous y trouverez :

- Des adresses utiles
- Les coordonnées des professionnels pouvant intervenir pour vos projets en pisé
- Des monographies de bâtiments en pisé

glossaire

Adobe : brique de terre crue formée dans un moule et séchée à l'air libre.
Banche : l'une des faces du coffrage à pisé. La banche est en bois ou en métal.
Banchée : portion de mur édifiée avec une banche. Les banchées sont généralement séparées les unes des autres par un lit de mortier à la chaux.
Boutisse : pierre de taille large disposée dans la largeur d'un mur et qui lie les deux faces, extérieure et intérieure.
Brique de terre comprimée (BTC) : brique de terre crue fortement comprimée dans une presse métallique.
Chaînage : élément en bois ou maçonnerie armée entourant le bâtiment, servant à rigidifier horizontalement ou verticalement la maçonnerie.
Chaîne d'angle : maçonnerie de pierres taillées ou de briques appareillées à l'angle d'un mur, destinée à renforcer l'arête saillante.
Charpente diaphragme : charpente créant une membrane horizontale rigide fixée aux murs. La charpente diaphragme joue le rôle de chaînage.
Chaux aérienne/chaux hydraulique : la chaux aérienne réagit avec le CO_2 de l'air, alors que la chaux hydraulique réagit à l'eau comme le ciment.
Coffrage : structure en bois ou métal temporairement placée sur le mur pour retenir la terre au cours du damage.
Cure humide : période lors de laquelle le matériau doit rester humide pour prise optimale du liant hydraulique.
Déphasage : exprimé en heures, c'est le temps qui sépare les oscillations de température entre extérieur et intérieur.
Drain : conduit souterrain servant à évacuer l'eau des sols trop humides.

Effusivité : mesure d'absorption de la chaleur par un matériau.
Fondation : ouvrage souterrain en maçonnerie assurant la stabilité du bâtiment.
Génoise : frise décorative faite de plusieurs rangs de tuiles canal maçonnées en encorbellement au sommet du mur.
Gore : sol granitique décomposé.
Induration de surface : durcissement progressif de la terre à la surface d'un mur en pisé.
Inertie thermique/stockage de calories : capacité d'un mur à stocker et à déstocker de l'énergie. Une forte inertie permet d'amortir les variations de température intérieure.
Jambages : montants verticaux d'une baie de fenêtre, en pisé, pierres, briques ou bois supportant le linteau.
Joints à l'équillade : joints obliques entre les banchées de pisé.

Lindage/linde : encadrement de fenêtre en forte section de bois, sur lequel est fixée la menuiserie.
Linteau : élément très résistant à la flexion qui sert à soutenir la maçonnerie au-dessus d'une porte ou d'une fenêtre.
Malaxeur à axe vertical ou planétaire : malaxeur remuant la matière dans un plan horizontal, très adapté au mélange de terre avec peu d'humidité.
Mur de refend : mur intérieur porteur.
Mur gouttereau : mur de façade reliant les murs pignons, et portant une gouttière.
Mur trumeau : section de mur autostable de quelques mètres de longueur, généralement placée entre deux ouvertures verticales.

Muraillère : pièce de bois appliquée contre un mur pour supporter le solivage d'un plancher.
Ossature bois : squelette en bois autostable formant les murs d'une maison et portant la toiture, généralement rempli de matériaux isolants comme la terre-paille.
Perspirant : qualité d'un matériau perméable à la vapeur d'eau.
Pisage horizontal : action consistant à boucher une cavité dans un mur en pisé en compactant de la terre horizontalement avec une massette.
Pisé stabilisé / stabilisation à la chaux : pisé réalisé avec une terre à laquelle un faible pourcentage de chaux a été rajouté.
Pisoir pneumatique / Fouloir pneumatique : outil métallique relié à un compresseur à air servant à damer la terre.
Point de rosée : température à laquelle la vapeur d'eau commence à se condenser. La condensation sous forme d'eau liquide dans les murs est problématique si celle-ci est concentrée en un même point ou une même surface et ne peut être évacuée.
Pont thermique : zone ponctuelle ou linéaire qui, dans l'enveloppe d'un bâtiment, contribue aux déperditions thermiques.
Régulation hygrothermique : capacité du matériau à réguler à la fois la température et l'humidité.
Sillon destructeur : bande érodée au bas d'un mur correspondant à la zone d'évaporation des remontées capillaires.
Solivage : pièces de bois horizontales supportant un plancher et reposant à chaque extrémité sur les murs ou sur une poutre.

Rénover & Construire en Pisé

dans le Parc naturel régional Livradois-Forez

Parc naturel régional Livradois-Forez
Maison du Parc
63880 Saint-Gervais-sous-Meymont
04 73 95 57 57
info@parc-livradois-forez.org
www.parc-livradois-forez.org

Parc naturel régional Livradois-Forez

UNE AUTRE VIE S'INVENTE ICI