



Bauge

Brique de terre crue

Enduit en terre

Pisé

Terre allégée

Torchis



Guide des bonnes pratiques de la construction en terre crue

Édition du 13 décembre 2018

Sous la direction d'un collectif composé de :
ARESO / ARPE Normandie / AsTerre /
ATOUTERRE / CAPEB /
Collectif Terreux Armoricaains / FFB
Fédération des SCOP du BTP /
Maisons Paysannes de France /
RÉSEAU Ecobâtir / TERA

Les guides de bonnes pratiques de la construction en terre crue ont été rédigés sous la direction collective de :

- ARESO (Association Régionale d'Écoconstruction du Sud-Ouest)
- ARPE Normandie (Association Régionale pour la Promotion de l'Écoconstruction)
- AsTerre (Association nationale des professionnels de la Terre crue)
- ATOUTERRE (Collectif de professionnels de la construction en terre crue de Midi-Pyrénées)
- CAPEB (Confédération des Artisans et Petites Entreprises du Bâtiment)
- CTA (Collectif Terreux Armoricaains)
- FFB (Fédération Française du Bâtiment)
- FÉDÉSCOP BTP (Fédération SCOP du Bâtiment)
- MPF (Maisons Paysannes de France)
- Réseau Écobâtir
- TERA (Terre crue Auvergne-Rhône-Alpes)

Préambule commun à tous les guides

L'utilisation de la terre crue dans les chantiers de bâtiments, qu'ils soient d'hier ou d'aujourd'hui, présente des avantages environnementaux et culturels de première importance. Faire connaître la terre, développer son utilisation et promouvoir ses atouts, contribue à la réduction de l'impact environnemental du secteur du bâtiment. Cette démarche permet d'autre part des restaurations de qualité, à la fois performantes et respectueuses de l'architecture du bâtiment, ainsi que la valorisation du patrimoine bâti.

Les terres résultent d'une transformation de la roche mère sous l'influence de divers processus physiques, chimiques et biologiques liés aux conditions climatiques et à la vie animale et végétale, opérant sur des temps géologiques longs. Elle est constituée physiquement de grains de tailles très variables dont les plus fins, constitutifs de l'argile, ont des capacités de collage importantes issues de leur forte affinité avec l'eau. Ainsi, au sein du matériau terre, l'argile, quand elle est mélangée à l'eau, enrobe les grains de taille supérieure et les tient ensemble dans une matrice. Après séchage, elle constitue le principal agent de cohésion de la terre. Le matériau terre est recyclable, et continuera à l'être pendant longtemps -parce que les liaisons sont réversibles- si la terre n'est pas mélangée à des matières non recyclables.

La terre est utilisée depuis bien longtemps par les humains pour construire leurs abris. En France, une partie significative du patrimoine en élévation date au minimum des 15^{ème}-16^{ème} siècles (bâti en colombage-torchis, en terre massive, ...). Le fait probablement le plus remarquable est que les humains ont mis au point des méthodes de construction à base de terre crue très diverses, accordées à des fonctions et des formes architecturales tout aussi variées. Ces bâtiments sont en lien avec le sol local. Ceux qui nous sont parvenus sont pérennes. En effet, les constructions encore en usage aujourd'hui témoignent de l'immense pertinence des acteurs anciens qui ont su empiriquement, au fil des générations, retenir et transmettre tout ce qui constituait leur savoir-faire sur la construction en terre.

Cette diversité du paysage bâti est en effet à mettre en lien avec l'existence de « bonnes pratiques », reconnues par les entreprises de construction en terre et essentielles à la durabilité du bâtiment. C'est ce que les présents guides s'attachent à présenter.

Les guides de bonnes pratiques mettent à disposition des lecteurs du 21^{ème} siècle l'état des connaissances sur les pratiques et les mises en œuvre diverses, reconnues et validées par les praticiens du bâtiment. Ils traitent de la partie émergée de l'iceberg des connaissances. Donc, ce qui n'est pas traité ici ne doit pas être considéré comme interdit, tant les techniques de construction à base de terre crue ont été et sont variées.

La diffusion de ces connaissances, objet des guides, s'adresse principalement aux professionnels non encore sensibilisés, afin que leur regard et leur pratique évoluent. Mais ces guides peuvent aussi intéresser les praticiens expérimentés qui souhaitent parfaire ou ordonner leurs savoirs et savoir-faire. Ces guides se veulent également être des documents de référence qui permettent aux acteurs de disposer d'un corpus technique favorisant les échanges entre eux et l'assurabilité de leurs réalisations comportant de la terre crue.

Il est à remarquer que les techniques de la construction en terre, qui nécessitent peu ou pas de mécanisation, vont dans le sens d'une culture du développement soutenable qui appelle à la modération de la tendance mécaniste et à un retour vers plus de travail humain, alors même que la pression économique incite à l'utilisation grandissante de machines. Ceci n'est toutefois valable que pour les mises en œuvre traditionnelles pas ou peu mécanisées. Pour les autres modes de mise en œuvre, il est important de mesurer leur impact environnemental. Cette démarche de sobriété est en parfaite cohérence avec une progression de l'emploi relocalisé dans les petites entreprises.

Aujourd'hui, la construction en terre reste logiquement dans le sillon d'une moindre utilisation d'énergie incorporée, d'une très faible émission de gaz à effet de serre, d'une relocalisation de l'économie et d'une fertile intensité sociale. En quelques années, la terre qui n'était dans le bâtiment qu'un matériau « exotique » ou « dépassé », est devenu un solide objet d'intérêt scientifique en même temps qu'un matériau de construction d'avenir.

Avant-propos commun à tous les guides

Les guides de bonnes pratiques¹ de la construction en terre crue* sont des documents normatifs*, c'est-à-dire qui « donnent des règles, des lignes directrices ou des caractéristiques, pour des activités ou leurs résultats ». Ils constituent une référence pour l'ensemble des professionnels concernés directement ou indirectement par le bâtiment. Ce sont des textes consensuels issus d'un processus collectif qui a réuni les différents métiers en rapport avec la construction mettant en œuvre les techniques de terre crue utilisées en construction neuve et en restauration de l'ancien².

Le matériau terre étant multiple de par la diversité des terres et les techniques de mise œuvre, édicter des règles uniques valables pour tous et partout ne pouvait être la méthode correcte, le savoir-faire étant déterminant. Les praticiens de la construction en terre se sont donc réunis par technique pour exposer leurs bonnes pratiques afin qu'elles servent de référence.

Les guides de bonnes pratiques sont au nombre de six, reprenant six techniques de terre crue en vigueur :

- les torchis
- les briques de terre crue
- le pisé
- la bauge
- la terre allégée
- les enduits en terre

Il est à noter que le guide de bonnes pratiques des enduits en terre concerne les enduits sur supports autres que la paille ou les supports composés de terre crue pour lesquels des Règles Professionnelles³ existent déjà .

L'objectif majeur des guides est de contribuer à créer des rapports de confiance entre les praticiens - concepteurs, bâtisseurs, ingénieurs, etc. -, et les maîtres d'ouvrages, bureaux de contrôle, assureurs et autres professionnels qui sont parties prenantes dans des ouvrages en terre crue. Les guides peuvent les aider à juger de la qualité des réalisations. Le succès des ouvrages en terre crue tient en effet à la co-réalisation des projets sur la base d'un partenariat établi le plus en amont possible entre leurs différents acteurs.

Dans les cas où les éléments fournis par les constructeurs ne suffisent pas à résoudre des problèmes de conception et de dimensionnement, les guides ont été conçus pour ouvrir la discussion afin d'aider à l'aboutissement des projets.

Ces guides ne sont cependant pas des manuels pédagogiques et ne se substituent ni à une formation, ni à un apprentissage, et la pratique de la matière reste le seul moyen d'acquérir des compétences réelles.

1 - Un glossaire commun à tous les guides de bonnes pratiques sur les techniques en terre regroupe les termes spécifiques aux constructions en terre crue ; ils sont en annexe commune et signalés par un astérisque* (voir p. 49).

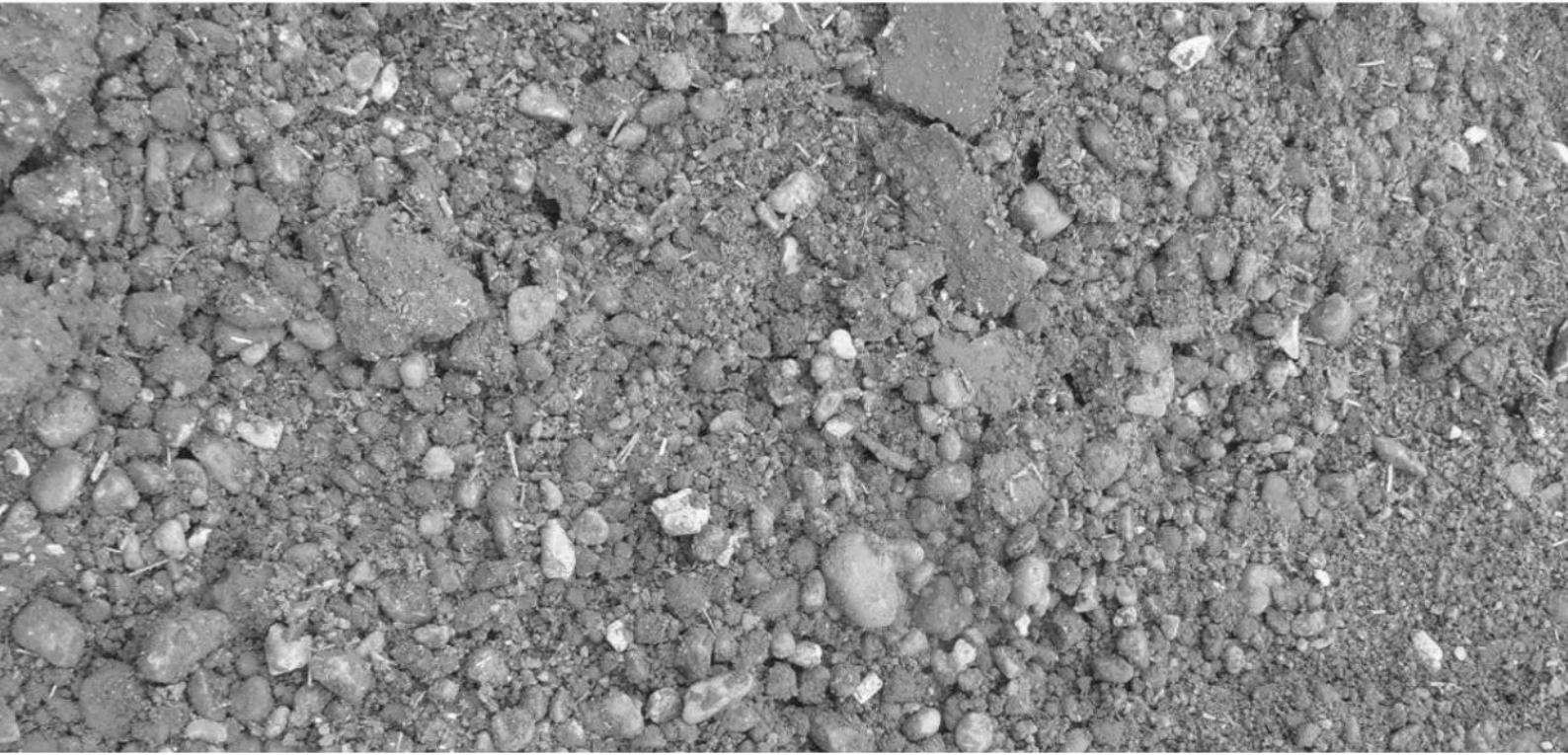
2 - Rappel des précautions à prendre en cas d'intervention sur un bâtiment édifié avant 1948 : (Extrait de l'avant-propos commun à tous les NF DTU) «Le marché de travaux doit, en fonction des particularités de chaque projet, définir dans ses documents particuliers, l'ensemble de dispositions nécessaires qui ne sont pas définies dans les NF DTU ou celles que les contractants estiment pertinent d'inclure en complément ou en dérogation de ce qui est spécifié dans les NF DTU. En particulier, les NF DTU ne sont généralement pas en mesure de proposer des dispositions techniques pour la réalisation de travaux sur des bâtiments construits avec des techniques anciennes. L'établissement des clauses techniques pour les marchés de ce type relève d'une réflexion des acteurs responsables de la conception et de l'exécution des ouvrages, basée, lorsque cela s'avère pertinent, sur le contenu des NF DTU, mais aussi sur l'ensemble des connaissances acquises par la pratique de ces techniques anciennes.»

3 - Casaux, F., Marcom, A., Meunier, N., & Morel, J.-C. (2013). Règles professionnelles - Enduits sur supports composés de terre crue (French code of practice for plasters for earthen walls). (C. de Gramont, T. Kremer, & E. Guillier, Eds.) (Le Moniteur). Paris (France): réseau Ecobatir, FFB, SCOP BTP, ENTPE.

En revanche, afin de ne pas bloquer les innovations, il a été choisi de privilégier **l'approche performantielle** qui consiste à définir les contraintes auxquelles est soumis l'élément d'ouvrage particulier, puis à concevoir et réaliser celui-ci en fonction. Les descriptions de moyens sont par conséquent soit absentes, soit très généralistes, soit placées en note ou encadré (texte non normatif) afin que ces moyens ne soient pas considérés comme les seules bonnes pratiques au détriment d'autres potentiellement capables d'aboutir au même résultat.

Un guide de bonnes pratiques détermine les performances que doit atteindre un ouvrage contenant de la terre crue et constitue de ce fait une référence pour rédiger un cahier de clauses techniques générales applicables contractuellement.

L'établissement des clauses techniques particulières repose sur la réflexion et l'expérience de la personne responsable de la construction en terre crue et fait l'objet d'une négociation entre les différentes parties intéressées au projet.



Torchis



Préambule particulier du guide torchis

Les *torchis*⁴ désignent un complexe de matériaux solidaires associant terre*, fibres végétales et *supports* en bois. Les *torchis* comblent les vides de la *structure* porteuse à laquelle ils sont reliés. Ils apparaissent avec la sédentarisation des populations et figurent à l'heure actuelle parmi les techniques de construction en terre crue les plus utilisées dans le monde.

Pour prendre en compte la multiplicité des variantes régionales de *torchis*, le collectif de rédaction animé par l'ARPE (association régionale pour la promotion de l'écoconstruction) en Normandie a mené une enquête systématique et effectué un recensement avec la contribution de relais en Normandie, dans le Nord, en Picardie, en Champagne, en Alsace, en Midi Pyrénées, dans les Landes, le Pays Basque, la Bretagne et le Maine et Loire. Une bonne connaissance des pratiques a ainsi été acquise, complétée par des rencontres avec les praticiens et l'étude du matériel bibliographique.

4 - Les termes spécifiques aux *torchis* sont signalés par le style italique et définis au chapitre Termes et définitions (p. 14). Un lexique illustré des *supports* (p.30) et des types de pose (p. 43) complète ce chapitre en annexe particulière.

| | |
|---|-----------|
| Préambule commun à tous les guides..... | 3 |
| Avant-propos commun à tous les guides..... | 4 |
| Préambule particulier du guide torchis..... | 7 |
| Contributeurs..... | 10 |
| Cahier de clauses techniques..... | 13 |
| Article 1. Domaine d'application..... | 13 |
| Article 2. Références normatives..... | 13 |
| 2.1 Généralités..... | 13 |
| 2.2 « Aptitude à destination des ouvrages en bois » au contact des <i>torchis</i> | 14 |
| 2.3 Durabilité* du bois des <i>structures</i> porteuses et des <i>structures</i> secondaires constituant <i>support</i> | 14 |
| 2.3.1 Généralités..... | 14 |
| 2.3.2 Choix des essences et durabilité* du bois..... | 15 |
| Article 3. Termes et définitions..... | 16 |
| 3.1 <i>Torchis</i> | 16 |
| 3.2 Structure..... | 16 |
| 3.3 <i>Support</i> | 17 |
| Article 4. Les composants du torchis..... | 18 |
| 4.1 Le <i>support</i> | 18 |
| 4.2 Le mélange..... | 18 |
| 4.2.1 La terre*..... | 18 |
| 4.2.2 Les fibres végétales et les autres granulats* végétaux..... | 18 |
| 4.2.3 L'eau..... | 19 |
| 4.2.4 Les adjuvants*..... | 19 |
| Article 5. Pérennité des constructions de torchis..... | 19 |
| 5.1 Maîtriser l'exposition aux intempéries..... | 19 |
| 5.1.1 Les conditions d'exposition se déterminent au cas par cas..... | 19 |
| 5.1.2 Les débords de toitures et éléments débordants..... | 20 |
| 5.1.3 Les soubassement contre les remontées capillaires et l'eau de rejaillissement..... | 20 |
| 5.2 Maîtriser l'effet de la migration d'eau dans les parois..... | 20 |
| 5.2.1 Contexte..... | 20 |
| 5.2.2 Les matériaux inadaptés nécessitant une attention particulière :..... | 20 |
| Article 6. Les spécifications de mise en œuvre..... | 21 |
| 6.1 La conception..... | 21 |
| 6.2 Les conditions de mise en œuvre..... | 21 |
| 6.2.1 Le déroulement du chantier..... | 21 |
| 6.2.2 Les conditions climatiques..... | 22 |
| 6.2.3 La durée et l'entretien du <i>torchis</i> | 22 |
| 6.3 La mise en œuvre..... | 22 |
| 6.3.1 Rôle et pose du <i>support</i> de fixation..... | 22 |
| 6.3.2 La qualité du mélange à atteindre..... | 23 |
| 6.3.3 Les techniques de pose..... | 24 |
| 6.3.4 La qualité de la pose à atteindre..... | 24 |
| 6.3.5 Le séchage..... | 25 |

| | |
|--|-----------|
| 6.3.6 Les finitions éventuelles..... | 25 |
| Article 7. Essais et contrôles..... | 26 |
| 7.1 Définitions et dimensions courantes..... | 26 |
| 7.2 Objectifs..... | 26 |
| 7.3 Essais..... | 27 |
| Annexes particulières..... | 29 |
| --1. Annexe n°1. Les propriétés des torchis..... | 29 |
| --2. Annexe n°2. Quelques éléments indicatifs de diagnostic et de mesures correctives.... | 31 |
| 1.1 Fissures et retraits..... | 31 |
| 1.2 Un retrait seul apparaît..... | 31 |
| 1.3 Le torchis se désolidarise du support et de la structure..... | 31 |
| 1.4 Le torchis est friable..... | 31 |
| 1.5 Des fissures apparaissent au bout de 12 heures ou plus..... | 31 |
| 1.6 Le torchis se décolle..... | 32 |
| 1.7 Présence d'un film blanchâtre en surface..... | 32 |
| 2.1 Défauts du soubassement et/ou des protections architecturales..... | 32 |
| 2.2 Affaiblissement des protections..... | 32 |
| 2.3 Modification inappropriée des structures..... | 32 |
| --3. Annexe n°3. Les adjuvants*..... | 33 |
| 1.1 Les adjuvants organiques..... | 33 |
| 1.2 Les adjuvants minéraux..... | 33 |
| --4. Annexe n°4. Lexique des supports de torchis..... | 34 |
| 1.1 Supports de planchers..... | 34 |
| 1.2 Support des Parois verticales à rainure..... | 36 |
| 1.3 Support des Parois verticales sans rainure..... | 40 |
| 1.4 Les supports croisés..... | 44 |
| --5. Annexe n° 5- Lexique des principaux types de pose..... | 48 |
| --6. Annexe n° 6- Bibliographie..... | 52 |
| Glossaire de la construction en terre crue..... | 53 |

Contributeurs

Pilotage, animation, coordination et rédaction au nom de l'ARPE Normandie

| | |
|---------------------|----------------------------------|
| DOUSSINAULT Vincent | Chargé de mission ARPE 2014-2018 |
| LE PAPE Aurélie | Dessinatrice du bâtiment |
| POPOT Sophie | Architecte |

Contributeurs - Membres du comité de rédaction

| | |
|-----------------------------|--|
| BAREYRE Yvan | Artisan maçon Sud Ouest |
| BERTHAUT Olivier | Artisan maçon – formateur Champagne |
| EVARD Frédéric | Architecte, Groupe de relance torchis, terre crue du Nord-Pas-de-Calais - MPF 62 |
| GEIB MUNIER Marie-Christine | Diplômée en architecture, Groupe de relance torchis, terre crue du Nord-Pas-de-Calais - MPF 62 |
| LE ROUX Jean luc | Charpentier Bretagne |
| LEU Patrice | Artisan torchis MPF14 Normandie |
| LOPES Valerie | CAUE 76 Normandie |
| MAUFRONT Rodolphe | FFB / UMB Secrétaire DTU 31,1 IDF |
| MAZE Nicolas | Charpentier Normandie |
| MINNE Jean | Artisan maçon Normandie |
| PRADENC Henri | Praticien auto-restaurateur MPF 14 |
| VAN NIEUWENHUIZE Luc | Artisan maçon formateur Sarthe |

Participants au groupe de travail *Torchis*

| | |
|-------------------------|------------------------------------|
| AGNAN David | DAF 2M |
| ALGAVE Gilles | Praticien auto-restaurateur MPF 60 |
| ANDRE Robin | DREAL Normandie |
| ANGEZ André | Architecte |
| AVIAT Véronique | MPF Champagne Aube |
| BABLIN Tony | Artisan maçon Nord |
| BAY Gille | Artisan maçon Nord |
| BERTRAND Lucien | Artisan maçon Normandie - MPF 14 |
| BOBEE Stéphane | bois terre paille 89 |
| BODARD Hervé | Artisan maçon Nord |
| BONNAIRE Emmanuelle | Archéologie Alsace – Carpologue |
| BOUTEILLET Noël | MPF 59 Nord |
| BRUA Jean christophe | Architecte patrimoine Alsace |
| BRUDERER Jacques | Maître artisan Alsace |
| CARRERAS Antony | UDAP Aube |
| CASSORET Éric | CAPEB 62 |
| CAUQUELIN Jean Philippe | UDAP 10 |
| CHEVRIER Léa | Architecte Normandie |

| | |
|----------------------------|--|
| CLADEN Remy | Architecte Alsace |
| CLAUDY Thomas | Artisan maçon Nord |
| CORBART Vincent | Formateur maison familiale rurale Pays de la Loire |
| COURGEY Samuel | Référent technique, formateur, auteur Jura |
| D'ALENCON Xavier | Architecte Normandie |
| DESSERT Juliette | Architecte CAUE 27 |
| DEWULF Christophe | Briqueterie d'Allonne 60 |
| DIERKENS Pascal | SAS AMIMA Champagne |
| DUFOUR Pascal | CAPEB Normandie |
| GAILLIOT Emy | DSA "terre crue" Grenoble |
| GAJIC Mylène | Architecte Normandie |
| GAUDUIN | Rivages propres 62 |
| GAUTHIER Évelyne | CAUE 67 |
| GODEAU Philippe | PNR Caps et marais d'opale - Groupe de relance torchis |
| GOURLET Anaëlle | PNR Caps et marais d'opale - Hauts de France |
| HAMARD Erwan | Chercheur matériaux IFSTAR – Pays de la Loire |
| HAMON Jérôme | Atice auditeur chèque éco-énergie Normandie |
| HELLOUIN DE MENIBUS Arthur | Chercheur matériaux R&D Normandie |
| HEDREUL Dittmar | CA – ARPE Normandie |
| HERLEM Jean François | MPF 80 Somme |
| IMBS Marjolaine | Architecte patrimoine Alsace |
| JOSSEAUME Clémentine | association maison alsacienne (ASMA) |
| KALCK Gilles | Artisan maçon Alsace |
| KELVINK Peter | Atrium artiste peintre enduit Alsace |
| KLEIN Alain | Architecte auteur terre crue / torchis Midi- Pyrénées |
| LAGRIVE | Briqueterie Lagrive Normandie |
| LAHURE Franck | Architecte auteur terre crue / torchis Normandie |
| LALAU Pascal | CAPEB 62 |
| LAMY Lionel | Artisan maçon Normandie |
| LANTER Mathieu | Tuilerie LANTER 67 |
| LE VILLAIN Dominique | MPF 27 Normandie |
| LECLERC Pierre Adrien | CAPEB Normandie |
| LEFEBVRE Cindy | DREAL Normandie |
| LEGRAND François | Artisan maçon 62 Hauts de France |
| LEMOINE Gérard | MPF 76 Normandie |
| LENOTRE Fabrice | FFB BN Normandie |
| LOIR MONGAZON Dominique | Ingénieur thermicien Alsace |
| LOMBART Marie Cecile | CAUE 62 Hauts de France |
| MARCOM Alain | ARESO maçon formateur Midi- Pyrénées |
| MARELLE Gilles | Artisan maçon Normandie |
| MARTINEZ Patrick | Artisan maçon Alsace |
| MATHIEU Alice | ALDEBO- Bureau d'étude environnement |

| | |
|-------------------|--------------------------------------|
| | Normandie |
| NOEL Louise | CAUE 76 Normandie |
| OUDHOF Nicolas | ARESO maçon formateur Midi- Pyrénées |
| PAUL Patrice | Artisan maçon Midi Pyrénées |
| PAUSÉ Raphaël | Artisan maçon Midi Pyrénées |
| PLANCHE Frédéric | Artisan maçon Normandie |
| RICORDEAU Gilbert | Formateur 10 Champagne |
| ROUSSEAU Léonard | Charpente traditionnelle |
| THAREL Germain | Maçon Champagne |
| VERLYNDE Frédéric | Artisan Eco construction 62 |
| VIVES Gérard | Artisan maçon Midi Pyrénées |
| VOLHARD Franz | Architecte Allemagne |
| WISSER Aurélie | PNR des Vosges du Nord |

Cahier de clauses techniques

Article 1. Domaine d'application

Le terme *torchis* recouvre et désigne à la fois le matériau et la technique. Les *torchis* forment des hourdis* qui remplissent ou garnissent les intervalles d'un pan de bois ou d'une *structure*. Bien que d'autres *structures* porteuses puissent être envisagées, seuls les *torchis* en lien avec une *structure* en bois seront abordés dans le présent document.

L'objectif est de réaliser une paroi (verticale, horizontale ou oblique) dont le hourdis* est rendu solidaire à la *structure* porteuse : *torchis* sur murs, cloisons, planchers, voûtes, rampants, corniches. Ces ouvrages en *torchis* servent également de *supports* d'accroche à des enduits éventuels.

Le présent document s'applique à tout bâtiment d'usage courant de faible à forte hygrométrie (selon la classification du cahier 3567 du CSTB).

Le matériau terre* crue est par nature réversible. Il en résulte que les matériaux de construction en terre stabilisée ou non réversibles, dont la solubilité dans l'eau ou la résistance sont modifiées par d'autres agents liants* ou l'ajout de substances chimiquement actives, ne font pas l'objet de ce guide.

Les Guides de bonnes pratiques s'appliquent à tout le territoire français, y compris les départements d'Outre-Mer.

Article 2. Références normatives

2.1 Généralités

Les *torchis* appartiennent aux systèmes constructifs non industrialisés (SCNI).

En construction neuve, la *structure* de l'édifice recevant le *torchis* est conforme au NF DTU* 31.1 charpente en bois. Ce dernier indique que l'utilisation du CB 71 reste possible. Si le *support* de fixation est partie intégrante de la *structure*, il doit être conforme aux *structures* relevant du NF DTU 31.1. Des cas particuliers sont indiqués aux points 2 et 3.

Dans tous les cas, la *structure* est stable et à l'équilibre avant la pose des *supports* et du remplissage. Le contreventement de la *structure* est réalisé avant la fermeture des vides entre *supports* par la pose du mélange. Le mélange ou complexe de remplissage ne relève pas de la *structure*. En règle générale, le *support* de fixation est un composant du *torchis*, non de la *structure*.

Les bois de *structure* et de *torchis* entrent dans la catégorie dérogatoire à l'établissement d'une déclaration de performances de l'article 4 paragraphe 1 du RPC (règlement produit de construction) 305/2011 portant sur le marquage CE des produits de construction.

Le NF DTU 31.2 "Maison *structure* bois" : « ne vise pas les constructions à pans de bois comportant des remplissages (maçonnerie, *torchis*, paille etc.) »

En dehors du domaine d'application du NF DTU 31.1, et spécifications du présent document ; les *torchis* se rapportent à une cloison non porteuse du NF DTU 20.13 "cloisons en maçonnerie de petits éléments". Notamment, les chapitres 5. Dimensionnement et 6. Prescriptions générales de mise en œuvre.

Le présent document fait référence aux documents suivants :

- Guides de bonnes pratiques des matériaux à base de terre crue ;
- Règles professionnelles des enduits sur supports composés de terre crue ;
- Règles professionnelles de construction paille remplissage isolant et support d'enduit.

2.2 « Aptitude à destination des ouvrages en bois » au contact des *torchis*

Lorsqu'il établit ses bois, le charpentier tient compte de l'aptitude à destination de chaque pièce de bois, notamment en termes de planéité et de verticalité.

La conception et la mise en œuvre des éléments de *structure* porteuse ou secondaires, protégées des intempéries ou non, doivent permettre la mise en œuvre du remplissage en respectant les contraintes et tolérances de verticalité et planéité telles que définies par le maître d'ouvrage, sans compromettre la stabilité *structurelle* de l'élément d'ouvrage.

Les faces visibles (plans extérieurs et intérieurs des parois) satisfont aux exigences d'aplomb telles que définies dans le NF DTU 31.1. Mais, dans le cas par exemple de fruit, de faux-aplomb, et autres particularités architecturales spécifiques, des conditions particulières sont acceptables. Dans le cas d'utilisation de bois équarris à la hache, la doloire, l'herminette, etc., les tolérances de planéité de surface du NF DTU 31.1 ne s'appliquent pas.

En règle générale, les exigences en terme d'aplomb, de planéité, de gauchissement, de flèche des faces des bois en contact avec le mélange ou *torchis* ne s'appliquent pas, notamment dans le cas d'éléments de contreventement, ou d'utilisations de bois de formes, de courbes, d'enfourchements, etc.

Il est indispensable de veiller à ce que les faces en contact avec le remplissage, non visibles à terme, soient parfaitement épurées d'aubier afin de prémunir tout risque de développement d'agents de dégradation biologique.

2.3 Durabilité* du bois des *structures* porteuses et des *structures* secondaires constituant *support*

2.3.1 Généralités

Il s'agit d'anticiper les interactions potentielles entre *structure* et *torchis* sur la pérennité des ouvrages en bois. La durabilité* du bois est définie par le document FD P 20 651. **Ce fascicule ne s'applique pas aux éléments qui n'ont pas de rôle *structurel*, notamment les *structures* secondaires constituant *support*.**

Mises à part des dispositions particulières, la méthode de justification est au libre choix du charpentier. Une fois les contraintes appliquées établies, les critères déterminants à étudier sont le taux d'humidité initial à la mise en œuvre, l'exposition - ou non - aux intempéries, la position et le comportement de la pièce de bois dans l'ouvrage.

Compte tenu de l'exposition à l'humidité des éléments en contact avec le *torchis*, tous les bois en contact avec un mélange humide sont considérés comme relevant de la classe de service 2, et d'une humidité initiale à la mise en œuvre comprise entre 13% et 20%, localement 25%.

NOTE 1 : La prise en compte de l'humidité initiale à la mise en œuvre pour essences et dimensions hors-standard est traitée dans l'annexe B du NF-DTU 31.1.

NOTE 2 : La justification peut se faire : par l'expérience reconnue et réussie; par des tests sur les éléments *structurels* et/ou sur la *structure* composée; par le calcul, soit selon les règles dites CB 71, soit les règles dites Eurocodes 5, soit selon un protocole spécifié par les documents particuliers du marché.

- Pour un calcul selon les règles CB 71, les coefficients correcteurs des contraintes admissibles des bois et de déformation des bois en œuvre (coefficient de fluage) sont définis selon la teneur en eau des

bois à la mise en œuvre et la teneur en eau en service. Ils sont indiqués aux § 3,13 et 4,815 des règles CB 71. Il est dans ce cas indispensable de tester la teneur en eau des bois *structurels*.

- Pour un calcul selon l'Eurocode 5, les coefficients correcteurs des valeurs de résistance des matériaux en bois (coefficient k_{mod}) et de déformation des pièces de structure (coefficient k_{def}) sont définis selon la situation "climatique" de mise en œuvre des bois (classe de service). Ils sont indiqués aux § 3.1.3 et 3.1.4 de la section 3 de la norme* NF EN 1995-1-1 (Eurocode 5).

NOTE 3 : autres références normatives associées :

- la longévité par classe d'emploi est définie dans le tableau § 8 du fascicule de documentation normalisé FD P 20-651

- les règles de calcul CB71 sont définies dans le NF DTU 21-701

- le classement visuel pour calcul aux règles CB71 est défini dans la NF B 52-001-1 règles d'utilisation du bois dans la construction - classement visuel pour l'emploi en *structure* des bois sciés français résineux et feuillus.

- les classes de résistances à utiliser pour le calcul aux règles CB 71 sont définies dans la NF P 21-400 bois de *structure* et produits à base de bois - classes de résistance et contraintes admissibles associées .

- la teneur en humidité est abordée dans la NF EN 13183 - teneur en humidité d'une pièce de bois scié. La prise en compte de l'humidité ainsi que la définition de l'équilibre hygroscopique* sont documentées dans le NF DTU 31-1

- les règles de calcul Eurocodes 5 sont définies dans les NF EN 1995-1 - Eurocode 5 conception et calcul des *structures* en bois -

- le classement des bois pour calcul aux Eurocodes 5 est défini dans la NF EN 14081 *Structure* en bois-bois de *structure* à section rectangulaire classé pour sa résistance et la NF EN 388- bois de *structures*-classes de résistance - classement mécanique

- les classes de service sont définies dans la norme NF EN 1995-1 et documentées dans fascicule de documentation normalisé FD P 20-651

2.3.2 Choix des essences et durabilité* du bois

La conception et la mise en œuvre des éléments de *structure* porteuse non-protégés par un revêtement extérieur doit éliminer tout risque de stagnation d'eau en partie courante et dans les points singuliers, et prémunir les bois contre toute dégradation biologique.

En cas d'exposition à la pluie, le bois et le *torchis* présentant chacun une capacité d'absorption d'eau élevée, ils en absorbent beaucoup. Ayant une capillarité* plus élevée, le *torchis*, par effet de mèche, absorbe l'eau du bois avec lequel il est en contact. L'effet drainant ainsi provoqué est bénéfique pour le bois. Cet effet n'est pas pris en compte par le document FD P 20 651 « durabilité* des éléments et ouvrages en bois ».

Note : Références normatives associées :

- Le fascicule de documentation FD P 20-651 propose quelques solutions techniques.

- La détermination du retrait est décrite dans la norme NF B 51-006.

- Les fentes sont définies dans les NF B 52-001-1 et NF EN 14081-1.

- Durabilité* et classes d'emploi sont définies dans la norme NF EN 335 - durabilité* du bois et matériaux à base de bois - classes d'emploi: définitions, application au bois massif et aux matériaux à base de bois. Et NF EN 460 durabilité* du bois et des matériaux dérivés du bois - durabilité* naturelle du bois massif - Guide d'exigences de durabilité* du bois pour son utilisation selon les classes de risque .

- La durabilité* conférée par traitement est abordée dans les normes NF EN 15228 : Bois de *structure* traité avec un produit de prévention contre les attaques biologiques, NF B 50-105 : durabilité* du bois et des produits à base de bois-bois massif traité avec produit de préservation, NF EN 351-1 : durabilité* du bois et des produits à base de bois - Bois massif traité avec produit de préservation - partie 1: classification des pénétrations et rétentions des produits de préservation.

2.3.2.1 Structures porteuses exposées aux intempéries

La classe d'emploi 3-1 ou 3-2 est affectée aux éléments de *structure* selon leur degré d'exposition* (partielle ou pleine). (voir 6.1 Maîtriser l'exposition aux intempéries)

Seule la lisse basse au contact du soubassement* peut dans certains cas être considérée en classe 4, auquel cas il est nécessaire de spécifier les dispositions particulières à prendre.

2.3.2.2 Structures porteuses non-exposées aux intempéries et structures secondaires constituant support

Compte tenu de l'exposition à l'humidité des éléments en contact avec le *torchis*, tous les bois en contact avec un mélange humide sont considérés comme relevant de la classe d'emploi 2. Les conceptions piégeant sont rédhibitoires. (voir chapitre 7-2-3 sur infiltrations accidentelles)

NOTE 1: L'affectation des classes d'emploi 2, 3-1 ou 3-2 tient compte de :

- la massivité des bois
- le type de conception drainant / moyen / piégeant
- les défauts et particularités éventuelles des faces exposées susceptibles de créer des points d'infiltration (nœuds, orientation du fil, fentes de retrait au séchage, bois de bout etc.
- des conditions climatiques particulières du site, notamment l'exposition aux pluies battantes et aux vents dominants
- des protections éventuelles rapportées (bardage, auvent, débord de toiture, ...)

NOTE 2: Différentes essences de bois non-abordées par la normalisation peuvent être utilisées localement . Par exemple : Orme, Frêne, Noisetier-Coudrier, etc. Les personnes responsables de la mise en œuvre peuvent se référer à l'expérience reconnue et réussie constatée localement sur le bâti existant afin d'utiliser ces essences de manière adéquate.

Article 3. Termes et définitions

3.1 Torchis

Le matériau *torchis* se définit comme un complexe de garnissage ou de remplissage composé d'un mélange de terre* à bâtir, de fibres végétales et d'eau fixé sur des *supports* en bois et/ou en fibres végétales.

La quantité de fibres végétales mélangée est extrêmement variable d'un *torchis* à l'autre mais cette teneur est homogène sur un pan ou un espace inter-colombes. Cette proportion est déterminée en fonction des objectifs spécifiques de l'ouvrage à réaliser.

3.2 Structure

La *structure* désigne tout ce qui se rapporte à l'ossature, la charpente, le pan de bois. Le *support* de fixation ne relève pas, sauf cas particuliers, de la *structure* mais du *torchis*.

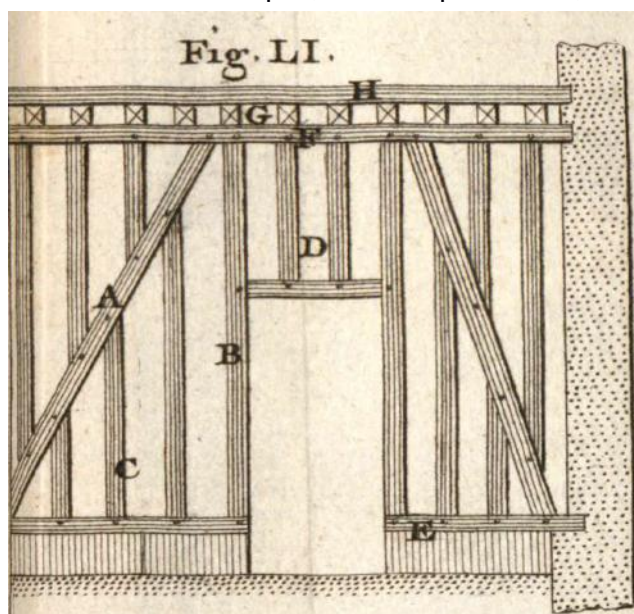


Fig. 1: A: écharpe ou décharge (contreventement*) / B: Poteau, poteau d' huisserie / C: Tournisse / D: Potelet / E: sablière basse, lisse basse ou sole. Repose sur un solin (muret) / F: sablière haute ou lisse haute / G: solives / H: sablière chambrée. Extrait de J.-F. Blondel et continué par P. Patte, Cours d'architecture, Planches t.6, Desaint, 1777.

3.3 Support

Le *support* sur lequel on pose le mélange réduit en les subdivisant les intervalles de la *structure*. Le mélange les comble en fermant les vides.

Les types de *supports* pouvant être utilisés au sein d'une même paroi sont variés. Suivant les caractéristiques recherchées, les bois de *structure* sont apparents ou cachés, en tout ou partie.

Les *supports* se fixent entre ou sur les montants, traverses et pièces obliques de la *structure* principale.

Les *supports* sont dit doubles lorsqu'ils sont appliqués sur les deux faces d'une même paroi.

Les *supports* se déclinent en deux catégories :

- à éléments simples ;
- à éléments croisés : les claies et clayonnages.

Dans le cas de *supports* à éléments croisés, la première trame est encastrée ou fixée dans la *structure* porteuse et franchit la plus petite portée du pan de bois de manière horizontale, verticale ou en biais, en fonction de la configuration de la *structure*. La deuxième trame est posée « perpendiculairement » à la première. Elle est réalisée par un autre *support* en bois plus fin et souple ou encore à l'aide d'un cordage de fibres végétales.

Tableau 1: Fonctions et types de supports courants.

| Désignation | Support pour plancher | Support pour paroi verticale ou 1ère trame d'un support croisé | Support pour paroi verticale – support simple ou double | Support pour paroi verticale ou 2e trame d'un support croisé |
|------------------------------|--------------------------------------|--|---|--|
| PLANCHER | | | | |
| Languette (Voussette) | x | | | |
| Palet, palette | x | | | |
| BARREAUDAGE | | | | |
| Andouille, quenouille, fusée | X (parfois non encastré, ni rainuré) | | | |
| Barreau | | x | | |
| Éclisse | | x | | |
| Palançon | | x | | |
| LATTAGE | | | | |
| Lattes | x | | x | |
| Raye | | | x | |
| Gaulette | | | x | |
| CLAYONNAGE | | | | |
| Fine latte | | | | x |
| Baguette | | | | x |
| Corde de paille | | | | x |

Voir Annexe Particulière --4. p.34

Article 4. Les composants du *torchis*

4.1 Le support

Le *support*, généralement en bois est parfois complété de fibres et d'autres liens végétaux (cordes, tresses). D'autres matières ligneuses sont employables telles que bambous, roseaux, cannes, ronces et joncs. En fonction de la technique retenue, ces *supports* et ces cordes seront fabriqués et posés selon une méthode sèche ou humide.

Pour leurs qualités de souplesse indispensable au clayonnage*, les bois peuvent être utilisés verts (non séchés). Ils se raidissent et sèchent avec le mélange. Les sections importantes sont fréquemment refendues. L'écorçage partiel est généralement pratiqué afin de faciliter l'accroche du mélange et permettre au bois de sécher plus vite (et éviter le pourrissement).

NOTE : Le bois enrobé de *torchis* est en situation protégée, ce qui rend possible une grande variété d'essences. Sont répertoriés le chêne, le mélèze, le châtaigner mais aussi le noisetier, le charme, le peuplier grisard, le sapin, le noyer et bien d'autres encore.

4.2 Le mélange

4.2.1 La terre*

Toute terre* à bâtir, peu ou très argileuse (de maigre à grasse), convient à la confection de *torchis*. Une terre contenant visiblement ou olfactivement des champignons ou de l'humus est à écarter. Une terre comportant des éléments grossiers (graves et graviers) ne facilite pas la mise en œuvre manuelle. La terre est mélangée à de l'eau (parfois à des adjuvants) pour atteindre un état variant de plastique* à visqueux* ou de barbotine*, épaisse à liquide en fonction des objectifs de mélange et de performance à atteindre.

Note : Vérifier la convenance de la terre à *torchis* ne nécessite pas de recours à un laboratoire ou à des outils spécifiques. La personne qualifiée et/ou expérimentée dans la reconnaissance des terres à *torchis* et qui met en œuvre le *torchis* évalue et détermine la qualité de terre en est responsable. (voir dégraisser*)

4.2.2 Les fibres végétales et les autres granulats* végétaux

La qualité requise dépend du type de mélange et de mise en œuvre souhaitée ainsi que du résultat à atteindre (voir 7 Spécifications de mise en œuvre). L'herbe fraîche d'une prairie ne convient pas. Les fibres doivent être exemptes de traces noires et/ou signes de pourrissement. Les propriétés à privilégier sont souplesse et résistance à la traction.

L'adjonction de fibres à la terre à *torchis* joue le rôle d'armature interne au mélange, limite les phénomènes de fissuration des terres argileuses* et modifie le comportement thermique* du matériau si les quantités sont très importantes.

Tableau 2: Qualification des fibres en fonction de leur mesure

| Qualification de la fibre | longueur |
|---------------------------|----------------------|
| longue | > 50 cm |
| moyenne | 5 cm < fibre < 50 cm |
| courte | < 5cm |

NOTE 1 : Les pailles et balles de céréales (orges, avoine, seigle, blés, méteil ...), les foin, le jonc, le roseau, les cannes, l'ajonc, les molinies et carex, la bruyère, les filasses de chanvre et de lin, les crins et

bourres constituées de fibres fines d'animaux (veaux, vaches, chevaux ...), ou de végétaux sont ou ont été utilisés, seuls ou en mélange y compris les copeaux de bois. Cette liste n'est pas exhaustive.

NOTE 2 : les joncs, molinies et carex sont des herbes qui poussent dans les milieux humides. Elles sont très utilisées en vannerie. En règle générale, toutes les fibres utilisables en vannerie le sont également en *torchis* dans le mélange mais également en *support*.

NOTE 3 : Anas de lin : Fragments de paille récupérés lors du teillage du lin provenant de l'intérieur de la fibre.

NOTE 4 : Chènevotte : Granule végétale provenant de la fragmentation de l'intérieur de la fibre de chanvre.

4.2.3 L'eau

Toute eau exempte de polluants organiques convient pour la confection du mélange à *torchis*.

Note 1 : Les propriétés physiques (pH, forces ioniques ,etc.) et les composants de l'eau (sels calcaires, chlore, etc.) influencent l'effet des stabilisants, adjuvants organiques, sels et cendres sur le *torchis*. Mais, en l'état actuel de nos connaissances, ces effets n'ont pas été mesurés.

4.2.4 Les adjuvants*

Les adjuvants organiques et minéraux sont utilisés uniquement dans des cas particuliers.

Leurs effets notables peuvent rompre le cycle de réemploi du *torchis*, ils sont donc à éviter. Les principaux adjuvants et leurs effets sont décrits en 9.3 Annexe / Adjuvants. Le réemploi des terres à *torchis* est courant. Si ce *torchis* est disponible, il doit être privilégié dans les approvisionnements.

NOTE 1 : La chaux (CL, DL, NHL) est parfois employée afin d'améliorer la résistance mécanique du matériau et réduire la fissuration des terres grasses ou argileuses au séchage. Localement, en Pays de Caux, en Picardie et en Flandres, cette pratique est répandue du fait de la présence de terres très argileuses mais elle n'est pas à privilégier.

NOTE 2 : Le plâtre est également compatible avec le *torchis*. Nécessitant moins d'énergie grise que la chaux, il modifie de même les terres argileuses en annulant les effets de rétractation. Néanmoins, les adjuvants ne sont pas à privilégier en règle générale.

Article 5. Pérennité des constructions de *torchis*

5.1 Maîtriser l'exposition aux intempéries

5.1.1 Les conditions d'exposition se déterminent au cas par cas

L'exposition* du *torchis* et de la *structure* sont déterminées en fonction de nombreux critères : situation géographique du bâtiment, conditions climatiques locales, l'emplacement de l'ouvrage dans l'édifice et adaptations architecturales. C'est au concepteur de l'ouvrage d'apprécier les conditions particulières d'exposition afin de concevoir les dispositions les plus adaptées à la pérennité du *torchis*.

Les pratiques vernaculaires et locales reposent sur une différenciation des prescriptions techniques par façade. La conception d'une façade avec *torchis* en tient compte et applique les paramètres les plus adaptés à chaque façade de l'édifice et non la plus contraignante à toutes les façades.

Le *torchis* est un matériau d'une très grande longévité pour autant qu'il est protégé des projections d'eau directes ou jaillissantes, de l'humidité remontante par le soubassement ou descendante par désordre de la toiture. La face vue du *torchis* revêt différents aspects de finition. Ils dépendent le plus souvent des conditions d'exposition subies latéralement.

Note : Les *torchis* en situation abritée ne nécessitent pas de protection particulière et ne reçoivent pas de revêtement. En situation d'exposition partielle, il n'est pas rare que le *torchis* reçoive un badigeon ou un enduit. En cas de pleine exposition, un bardage ou un essentage ventilés s'avèrent souvent nécessaires.

5.1.2 Les débords de toitures et éléments débordants

Le paramètre suivant aide à définir une zone supérieure de la partie d'ouvrage où les éléments en bois et de *torchis* sont abrités ou exposés : la présence d'un débord de toiture ou d'une protection rapportée de largeur D permet de protéger la partie supérieure d'une façade sur une hauteur H prise depuis le niveau du débord. Cette aide ne se substitue pas à l'observation du mouillage qui peut être plus adéquat s'il est possible.

Note : En suivant le fascicule documentaire : FD 20-651 : L'aide indicative à l'appréciation de la hauteur de zone protégée sous un débord en pleine exposition détermine la valeur $H = 2,5 \times D$, le débord de toit.

5.1.3 Les soubassement contre les remontées capillaires et l'eau de rejaillissement

Bois et *torchis* sont mis à distance de l'eau provenant du sol par remontée capillaire*, ruissellement* ou rejaillissement. Les bois supportant du *torchis* sont placés sur un soubassement à une hauteur minimale de 20 cm au-dessus du niveau du sol. Cependant, une hauteur plus importante est généralement préférable. On portera une attention particulière au pied du soubassement de manière à éloigner l'eau stagnante, en réalisant une légère pente vers l'extérieur afin de faciliter son évacuation et limiter le rejaillissement. Le concepteur doit s'informer des pratiques locales du bâti ancien, des particularités du site et des adaptations architecturales éventuellement complémentaires pour définir la hauteur nécessaire.

Note : Dans le Gers, par exemple, localement la hauteur de 20 cm s'avère suffisante. Mais cette situation est relativement exceptionnelle.

5.2 Maîtriser l'effet de la migration d'eau dans les parois

5.2.1 Contexte

L'eau (en phase gazeuse ou liquide) en traversant les parois, provoque dans les bois et les *torchis* des mouvements de retrait et de gonflement. Ces mouvements sont sans dommage pour ces matériaux tant que l'eau n'y est pas bloquée ou enfermée. Dans le cas contraire, les bois et les *torchis* peuvent subir ou provoquer des désordres : retraits et gonflements, décollements, pourrissement ... Si un doublage ou une isolation rapportée sont mis en place en intérieur ou en extérieur, un dispositif de régulation de la vapeur d'eau est généralement nécessaire. De plus, il convient de veiller à ce que le point de rosée* ne se produise pas à l'interface de l'isolant et du *torchis*.

5.2.2 Les matériaux inadaptés nécessitant une attention particulière :

5.2.2.1 Les matériaux ferreux ou s'oxydant

Les matériaux ferreux ou s'oxydant sont déconseillés en particulier sur les parois au contact de l'extérieur du bâtiment. De plus, les connecteurs et matériaux métalliques de la *structure* captent parfois le point de rosée et sont responsables de dégradations des bois de *structure* et de fixation.

Les grillages en fer de renformis sont proscrits sur les murs en *torchis*. Dans le cas d'une réhabilitation, si des grillages sont présents, ils seront déposés.

5.2.2.2 L'ajout de revêtements imperméables

- Dans tous les cas :

Les enduits, revêtements, films et peintures imperméables et étanches sont à éviter car ils provoquent le pourrissement des pans de bois en bloquant la migration de vapeur d'eau dans les parois. De la même façon, les enduits, revêtements et peintures rigides sont à proscrire car ils sont incapables de suivre les mouvements de gonflement et de retrait et se décollent rapidement.

- À l'intérieur en pièce humide :

Si une face de paroi contenant du *torchis* est perméable*, l'autre peut recevoir un revêtement imperméable sur des surfaces modérées (tour de baignoire, douche, dessus de lavabo par exemple). La réalisation de l'étanchéité y est soignée. Dans ce cas, le *torchis* avec réalisation d'étanchéité est compatible avec une paroi de douche / salle de bain soumise à jet d'eau. Sinon un doublage avec lame d'air ventilée de la paroi avec *torchis* est à prévoir pour recevoir l'étanchéité.

Article 6. Les spécifications de mise en œuvre

6.1 La conception

Le *torchis* se pratique hors d'eau (mais non hors d'air). Il se pose au sein d'un ouvrage maintenu en parfait état fonctionnel.

A chaque type de pose de *torchis* correspond un type de mélange contenant plus ou moins de fibres, elles-mêmes plus ou moins longues. Il existe une étroite corrélation entre le type de la *structure*, le type de *support* de fixation et le type de pose.

Il est nécessaire d'identifier au préalable la finition du *torchis* afin de pouvoir anticiper les réserves nécessaires. Par exemple: tenir compte de l'épaisseur d'un enduit de finition à venir dans la conception de la *structure* porteuse (retrait d'un poteau/ sablière) ou du réglage d'un lattage/ encadrement d'ouverture.

Le *torchis* est fini soit brut, paré ou revêtu en fonction des protections éventuellement envisagées.

Il est généralement possible (en fonction de l'épaisseur, ou de la configuration de la *structure* avec le *support* de fixation) d'insérer des gaines électriques et de créer des réservations pour la pose d'appareils.

En revanche, par précaution, les tuyaux même sous fourreaux contenant des liquides placés à l'intérieur du *torchis* sont à éviter. Des traversées ponctuelles ou spécifiquement conçues sont admises.

Les épaisseurs du *torchis* sont variables allant d'environ 3 cm et assurant un simple rôle de fermeture jusqu'à atteindre 20 cm d'épaisseur rarement plus. L'enrobage des *supports* de fixation fait 2,5 à 3 cm minimum. Une épaisseur de cloison, de chape ou d'enveloppe couramment rencontrée est de l'ordre de 8 à 16/18 cm.

Par exemple, en Normandie, en chape, au sol, on procède généralement par couche de 7 à 8 cm. L'épaisseur maximale admise est de 18 cm, en deux couches avec les deux faces ventilées.

6.2 Les conditions de mise en œuvre

6.2.1 Le déroulement du chantier

A la diversité des types de *torchis* correspondent une diversité d'organisation de chantier. La préparation et la mise en œuvre du *support* de fixation peuvent être couplés à la mise en œuvre de la charpente ou du pan de bois.

En fonction de son épaisseur, de sa masse volumique et des conditions climatiques et de ventilation spécifique, le *torchis* (mélange et *support*) nécessite un temps de séchage à anticiper.

NOTE : Il est courant qu'un chantier se déroule en 4 étapes :

- 1 – préparation et pose du *support* de fixation sur la *structure* porteuse,
- 2 - préparation du mélange,
- 3 - pose du mélange sur le *support* de fixation,
- 4 - séchage, finitions et protections éventuelles.

Dans le cas des mélanges enrobés autour de bâton tels que des fusées*, des andouilles* ou des quenouilles* le déroulement du chantier est le suivant :

- 1- préparation des *supports* mobiles ou palançons,
- 2- préparation du mélange,
- 3- préparation des fusées* et pose des *supports* enrobés frais,
- 4- préparation d'un second mélange
- 5- pose d'un enduit de *torchis* plaqué
- 6- séchage, finitions et protections éventuelles.

Dans le cas de cordage tressé sec sur palançons avant l'application d'un enduit de *torchis* en finition, le déroulement du chantier est le suivant :

- 1- préparation et pose de la première trame du *support* de fixation
- 2- préparation et pose de cordes sèches
- 3- préparation du mélange
- 4- pose de l'enduit de *torchis* plaqué
- 5- séchage, finitions et protections éventuelles.

6.2.2 Les conditions climatiques

Contenant une importante quantité d'eau, le mélange de *torchis* se met en œuvre comme toutes les maçonneries hydrauliques en dehors des périodes de gel et de forte chaleur.

6.2.3 La durée et l'entretien du *torchis*

Protégé de l'érosion et de l'action de l'eau (ruissellement, jet), le *torchis* est quasiment inaltérable.

Le diagnostic de *torchis* altéré est le signe d'un défaut d'entretien ou d'adaptation du bâtiment.

Une fois séché à cœur, le *torchis* peut à nouveau être mis en condition de forte hygrométrie et subir sans dommage un dégât des eaux ponctuel. En revanche, il devra pouvoir restituer l'humidité (sécher par perméabilité ou ventilation) (voir 3.1 durabilité* des bois et 6.2 Maîtriser l'effet de la migration d'eau dans les parois).

Dans certains cas de pleine exposition ou de protections insuffisantes, le *torchis* nécessite un entretien de surface régulier avec inspection et interventions ponctuelles (environ tous les 2-5 ans).

6.3 La mise en œuvre

6.3.1 Rôle et pose du *support* de fixation

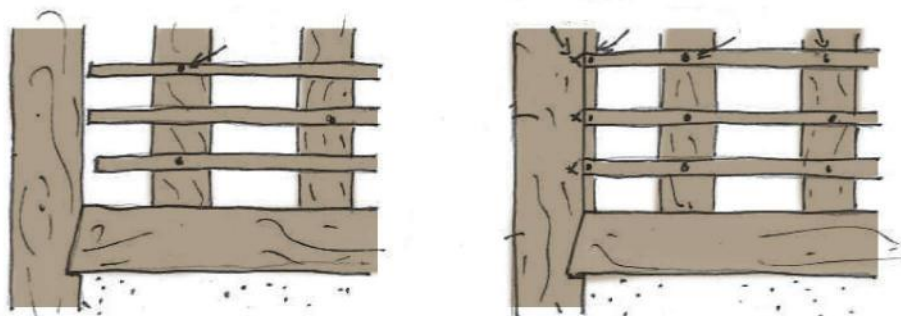
Le *support* est conçu pour résister au poids du *torchis* à l'état plastique et aux charges d'exploitation (horizontales ou verticales). Il est solidaire de la *structure*.

NOTE : Le document n°P-05-100 décrit les charges qui s'appliquent en condition normale d'usage de l'habitat.

Quand le *support* n'appartient pas à la *structure* et au NF DTU 31,1, l'ouvrage de *torchis* se rapporte au NF DTU 20.13 (Cloisons en maçonnerie de petits éléments). Or ce n'est pas au *support* seul de répondre à ces spécifications, ceci est l'objectif de la cloison de *torchis* achevée. Mais il est courant de vérifier sa performance sur le *support* seul (voir 8 Essais et contrôle).

Une attention particulière sera portée aux extrémités des *supports* afin de limiter les risques de décollement du *torchis*.

Fig 2: Exemple de liaison entre support et structure (croquis Franck Lahure)



ÉVITER

PRÉFÉRER

Note : En fonction du *torchis* que l'on souhaite réaliser et lorsque les bois restent apparents sur une face, il est possible de réaliser un travail de préparation soigneux en bloquant des contre-lattes le long des colombes. Ce dispositif ne revêt aucun caractère obligatoire mais il influe notablement sur les caractéristiques et les performances de la paroi à réaliser. Il recrée la chicane caractéristique des *supports* encastrés de type palançons ou éclisses. Ces tasseaux ou contre-lattes viennent alors bloquer les terminaisons de lattages et de lattis. La double contre-latte a alors pour effet de prévenir le décollement en périphérie en reprenant les charges latérales de la *structure* ou du *support* de fixation. Elle réduit aussi le risque de retrait et augmente l'étanchéité à l'air.

6.3.2 La qualité du mélange à atteindre

Le taux d'humidification de la terre est défini en fonction du type de *torchis* à produire.

NOTE 1 : Dans le cas d'un *torchis* de réemploi ou de terre à *torchis* sèche, la terre exempte d'impuretés (humus, gravats ...) est humidifiée en fonction du degré de séchage initial de reprise, si besoin elle sera concassée pour (ré)obtenir les qualités plastiques nécessaires à la pose. Puis de la fibre végétale neuve est (ré)introduite ainsi qu'on le ferait avec du *torchis* frais, afin d'éviter les effets de retrait du mélange au séchage, et d'assurer les liaisons entre mélange et éléments de *support*. Pour ce faire, le *torchis* devra être exempt d'adjuvants rendant impossible le réemploi.

La densité des fibres se mesure en masse volumique*. Le *support* de fixation est à prendre en compte dans cette évaluation. Des mesures sont réalisées si un essai est prescrit dans les pièces du marché. (voir 8 Essais et contrôles)

Les fibres végétales et les matières ligneuses des *supports* de fixation (claires et clayonnages) servent d'armature, et allègent le mélange. En tant qu'armature, les fibres permettent d'éviter la fissuration du *torchis* argileux au séchage. L'ajout de fibres végétales sert à répartir les tensions internes au moment du séchage puis après celui-ci. La fibre assure une meilleure tenue mécanique.

Le mélange est malaxé suffisamment pour réaliser un produit homogène dont l'état hydrique se situe en général entre le plastique* et le visqueux*. L'évaluation se fait à l'œil et au toucher.

Dans le cas des «teurques», des cordes trempées, ou encore des andouilles, des fusées et des quenouilles, il n'est pas rare que la terre atteigne un état visqueux voire plus liquide en fonction des pratiques et des résultats que l'on souhaite obtenir. Des tapis de fibres végétales ou des cordes sont alors trempés ou mouillés par cette barbotine et enroulés autour de *supports* mobiles (quenouilles) ou fixes (barreaux, éclisses).

Tant que le mélange est plastique, homogène et les fibres non pourries, il peut être mis en œuvre sur le *support* de fixation.

NOTE 2 : Pour que l'argile développe toutes ses propriétés, le mélange gagne à être préparé 24h ou plus avant la pose. Il faut éviter toute perte d'humidification, par protection si nécessaire, ou au contraire si le mélange est trop humide, il est laissé à l'air libre.

NOTE 3 : Conservation du mélange :

Selon les conditions de stockage, le climat et les fibres utilisés, le mélange se conserve de plusieurs jours à plusieurs semaines. Il est maintenu humide afin d'éviter de casser les fibres en retravaillant le *torchis* avant la pose. Après quelques jours, le mélange humide entre en fermentation ou maturation, ce qui crée des liaisons entre l'argile et les molécules de cellulose issues de la fermentation de la fibre. Le *torchis* devient plus cohésif. Le processus de fermentation se développe à un rythme très variable dépendant de plusieurs facteurs : composition de la terre, type de fibre, humidité, température, etc. Seule l'expérience permet de maîtriser ce phénomène. Cependant après un délai variable selon les conditions de stockage, d'humidité, de composition de la terre et des fibres, celles-ci sont trop dégradées pour remplir leur rôle. Dans ce cas, de la fibre neuve est à nouveau incorporée.

6.3.3 Les techniques de pose

Afin de garantir une bonne adhésion du *torchis* sur son *support*, il faut veiller à la compatibilité du taux d'humidité du bois avec celui du *torchis*. Si celui-ci est trop sec, on peut humidifier le *support*. Mais un excès d'humidification fait gonfler le bois et entraîne un risque de désolidarisation au séchage. En règle générale un dépoussiérage suffit et donne l'occasion d'estimer le besoin éventuel d'humidification.

NOTE 1 : En cas de réparation ou remplacement lacunaire de *torchis* : les parties non adhérentes sont enlevées, suivi d'un dépoussiérage. Une humidification adaptée, souvent réalisée la veille puis le jour même, quelquefois à plusieurs reprises, des surfaces à combler est indispensable afin d'assurer une bonne cohésion* entre l'ancien et le nouveau *torchis*.

Il existe une étroite corrélation entre le *support* de fixation, la longueur des fibres utilisées en mélange et la technique de pose. Plus l'espacement entre les *supports* est grand, plus les fibres sont longues.

On connaît quelques grandes familles de techniques de pose. Cette liste reste ouverte.

Citons par exemple (voir Lexique des techniques de pose en Annexe):

- la pose à cheval du mélange par dessus le *support* de fixation à l'aide d'une « poignée de mélange » ou d'un boudin de mortier recouvrant le rang précédent ;
- la pose projetée en garnis ou en surface à la manière d'un enduit ou d'un renformis par des moyens mécaniques ou manuels ;
- la pose plaquée comme un enduit ;
- le tressage avec une corde de fibres sèches ou imprégnées de barbotine autour des barres du *support* de fixation ;
- l'enroulement d'un mortier fibré autour d'un barreau en paroi, plancher ou corniche ;
- la pose foulée de chape pas trop humide à damer sur un lattis ou des palets ou en forme plus visqueuse pour niveler par dessus la chape sèche ;
- la pose d'un coffrage* temporaire d'un côté de la structure porteuse, puis la pose à cheval depuis l'autre face. Le coffrage pouvant être retiré immédiatement après la pose.

6.3.4 La qualité de la pose à atteindre

Les bois du *support* de fixation sont enrobés de 2,5 à 3 cm de mélange minimum. De cette manière, ils sont en position abritée. Une pose de bonne qualité prévient l'apparition de trous entre les torches ou les poignées de mélange. Elle se réalise en appliquant le mélange de manière homogène et répartie en tout point de la paroi en prenant soin de bien rendre solidaire mélange et *supports* de fixation.

Fig 3: Qualité de la pose à cheval (croquis Franck Lahure)



NON

OUI (homogène et bien réparti)

6.3.5 Le séchage

En fonction du type de finition souhaité, le séchage est éventuellement accompagné de retouches successives plus ou moins appuyées. Cette étape prépare l'adhérence d'enduits éventuels en finition ou limite le retrait périphérique. Ainsi, au fur et à mesure du séchage, le matériau est travaillé et rendu plus ou moins fermé à l'effet de mèche et à l'accroche de l'enduit.

Pour les poses de *torchis* avec *structure* apparente, un resserrage du *torchis* en contact avec les bois, en début de période de séchage, permet une meilleure gestion des phénomènes de retrait et de décollement.

NOTE 1 : Dans le cas d'une finition enduite, il est d'usage de préparer la surface dans le frais (piquetage avec une pointe bois tête en bas, griffes au peigne en bois, à la fourche, à la taloche à clous ...) en prévision du dégrossi ou de l'enduit. Les dessins sont variés : chevrons, croix, arbres de vies, cercles ...
 NOTE 2 : Plusieurs méthodes sont utilisées. Par exemple, en Normandie, il est courant d'attendre entre 3 et 6 mois pour une épaisseur de 8 à 16 cm avec un mélange lourd (1500kg/m³ sec) avant la pose de l'enduit. En revanche, en Pas de Calais, il n'est pas d'usage d'attendre le séchage à cœur pour appliquer l'enduit.

L'apparition de plantules issues de graines germées venant des pailles de céréales ne constitue pas un désordre. Ces plantules une fois jaunies et desséchées indiquent le séchage à cœur du *torchis*.

En cas de forte chaleur, ou de surventilation (vent soutenu) un séchage trop rapide peut engendrer des fissurations dont il faut se prémunir.

Une protection, de type voile intissé, disposée devant la paroi et laissant circuler l'air peut s'avérer utile dans les premières semaines de séchage. Il assure aussi une protection lors de périodes pluvieuses.

6.3.6 Les finitions éventuelles

Tableau 3: Classement et type de finition du torchis

| Exposition du <i>torchis</i> aux projections d'eau | classement | Finition minimale requise |
|---|------------|---|
| <i>torchis</i> abrité en pièce sèche ou humide (exclu du jet d'eau et du rejaillissement) | I | Pas de prescription (voir § Matériaux inadaptés) |
| <i>torchis</i> en exposition partielle | II | Brut ou enduit |
| <i>torchis</i> en pleine exposition | III | Brut ou enduit et revêtu d'un essentage ou bardage. La <i>structure</i> ou le <i>support</i> doivent alors être conçus pour <i>supporter</i> la pose de ce bardage. |

(voir Chap. 2,3 Durabilité* du bois et pérennité des structures en *torchis* p. 12)

Un revêtement de classe supérieure convient à une exposition moindre. Par exemple un bardage peut se faire en classement I, en revanche l'inverse est à proscrire.

Au choix du concepteur et en fonction de l'exposition, si le pan de bois est apparent, le *torchis* est fini :

- brut : le *torchis* fait office de parement, il est fini à fleur de la *structure* ;
- enduit : le *torchis* est fini en retrait et sert de *support* d'accroche d'un enduit fini à fleur (terre, plâtre, chaux etc.). Toutefois, par exemple en Alsace, l'enduit en débord est admis en exposition abritée. Dans la plupart des autres secteurs, ce débord n'est pas observé.

Le *torchis* peut être paré de manière courante ou soignée.

NOTE : En reprise, un piquetage (éventuellement à la perceuse) et/ou un griffage de la surface est effectué après avoir abondamment ré-humidifié celle-ci. Avant la pose, un lait de chaux ou une barbotine de terre est parfois appliqué de manière à augmenter l'adhérence de l'enduit.

Au sol, en fonction de l'usage pressenti, la chape ou forme de *torchis* est finie brute ou revêtue. Se réalisent couramment sur chape de *torchis*, des parquets sur lambourdes, pose de tommettes, carrelages sur forme fraîche ou collés sur lait de barbotine ou à la chaux.

Article 7. Essais et contrôles

7.1 Définitions et dimensions courantes

Décollement : désolidarisation supérieure à 4 mm entre le hourdis et le cadre de la *structure* ou le *support*.

Retrait périphérique: Réduction de volume observée en périphérie de l'espace entre colombes, entraînée par le séchage d'un mélange ou d'un mortier plus ou moins bien maîtrisé.

Note : Le retrait dépend de nombreux facteurs : présence ou excès d'eau dans le mélange, présence d'argile trop gonflante, insuffisance de fibres, absorption du *support*, éléments extérieurs (vents, courants d'air), ou mortier plus ou moins bien maîtrisé.

En règle générale, il est admis :

- une micro-fissuration surfacique inférieure ou égale à 1 mm ;
 - la désolidarisation inférieure à 4 mm ;
- et jusqu'à 1 cm de fissure de retrait ou traversante.

7.2 Objectifs

Les performances à atteindre sont à spécifier dans les pièces du marché.

Si l'objectif est :

- un parement soigné, le retrait périphérique admissible est inférieur ou égal à 2 mm
- un parement courant, le retrait périphérique admissible est inférieur ou égal à 1 cm.

Au delà de 4 mm de retrait entre *torchis* et bois de *structure*, il est nécessaire de procéder à un calfeutrement.

En règle générale, pour les ouvrages courants, si le retrait est égal ou supérieur à 1,5 cm, le *torchis* doit être enduit. Mis à part les cas particuliers où sont prévus d'autres objectifs. Par exemple une ventilation, un choix esthétique etc.

NOTE : Un parement brut soigné peut atteindre 1 mm ou moins de fissures en tout sens (retrait périphérique, traversant ou surfacique) et assurer une étanchéité à l'air remarquable pour peu que les fixations et *supports* aient été réalisés soigneusement.

7.3 Essais

Si les clauses du marché le spécifient expressément :

- la personne qualifiée et expérimentée responsable de la mise en œuvre du *torchis* exécute des tests de recherche et de validation de *torchis*. Ce tests peuvent concerner la masse volumique, l'étanchéité à l'air, les fissurations, les aspects de finition. Ils doivent être définis au préalable.

NOTE : Un mur test, ou ouvrage test est par exemple réalisé en reproduisant la *structure* sur laquelle va se poser le *support* de fixation ainsi que le mélange sur l'épaisseur prévue. Après une période de séchage d'environ 3 semaines ou plus, le taux d'humidité, la masse volumique, le retrait et les fissures admissibles sont mesurés.

- un essai de chocs aux corps mous peut être effectué sur le *torchis* ou le *support* de fixation isolé avant application du mélange. Le protocole est défini dans la norme NF EN 596- essais chocs corps mous sur murs *structure* bois

Annexes particulières

--1. Annexe n°1. Les propriétés des *torchis*

Les *torchis* sont des matériaux sains, à très faible impact environnemental, non polluants à tous les stades de son cycle de vie (fabrication, mise en œuvre, usage, fin de vie et recyclage), et à faible énergie grise. Le *torchis* est aussi un régulateur hygrométrique et thermique, un amortisseur acoustique, un coupe-feu. Il offre en outre une bonne résistance aux secousses sismiques du fait de la souplesse des *structures* en bois et de ses fibres.

Les *torchis* mesurés sont peu ou mal décrits car la plupart des articles confondent mélange ou mortier et *torchis*. De plus, c'est le système constructif (la cloison, le plancher, etc.) qu'il est pertinent d'évaluer (*structure*, *torchis*, enduit) et non chaque composant.

Tableau 4: Propriétés thermiques et perméabilité à la vapeur d'eau

| Propriété | Symbole | Valeurs courantes | | unité | Source bibliographique |
|--|-----------|-------------------|------|-------------------|------------------------|
| | | min | max | | |
| Masse volumique | ρ | 600 | 1800 | kg/m ³ | [ACSCNI*] |
| Conductivité* thermique | λ | 0,15 | 0,8 | W/m.K | [ACSCNI*] |
| Capacité thermique massique | Cp | 830 | 1600 | J/kg.K | [Laurent1986] |
| Résistance à la diffusion de la vapeur d'eau | μ | 3 | 12 | | [ACSCNI*] [HYGROBA] |

Tableau 5: Résistance au feu et étanchéité à l'air

| Propriété | Symbole | Valeurs courantes | | unité | Source bibliographique |
|--------------------|--|-------------------|------|-------------------|------------------------|
| | | min | max | | |
| Masse volumique | ρ | 600 | 1800 | kg/m ³ | [ACSCNI*] |
| Résistance au feu | | B | A | | [RPA] |
| Étanchéité à l'air | Les matériaux de construction en terre sont considérés comme étanche à l'air en surface à partir d'une masse volumique de 900 kg/m ³ . Sinon, un enduit au moins sur une face est considéré comme suffisamment étanche. | | | | [RPA] |

Tableau 6: Isolation acoustique

| Propriété | Symbole | Valeurs courantes | | unité | Source bibliographique |
|---|---------|-------------------|----------------|-------------------|-------------------------------|
| | | min | max | | |
| Masse volumique | ρ | 600 | 1800 | kg/m ³ | [ACSCNI*] |
| Isolation acoustique | | | | | |
| Mur sans enduit d'une épaisseur de 10 à 25 cm | R'w | Entre 40 et 46 | Entre 47 et 56 | dB | [Construire en Terre Allégée] |
| Plancher (sol et plafond) avec chape de <i>torchis</i> d'environ 8 cm | R'w | 52 | | | |
| | L'n,w | Entre 53 et 63 | | dB | |

Sources bibliographiques :

1. [ACSCNI] CSTB, Craterre, ENTPE-Formequip, Construire en Chanvre, Réseau Ecobatir, CAPEB. Analyse des caractéristiques des systèmes constructifs non industrialisés. Extrait du rapport final pour diffusion. Novembre 2011
2. Projet BAUCH (Bâtiments Anciens à colombages et calcul du coefficient U des murs par bilan de Chaleur et d'Humidité)- État de l'art sur le comportement hygrothermique des murs à colombage – avril 2018 par le consortium Alphéïs, Upec certes, Lernab et Maisons Paysannes de France.
3. Construire en Terre Allégée] Volhard, Franz, Construire en Terre Allégée, Éditions Actes Sud, Arles 2016, 288 p.
4. [Laurent1986] Laurent, J-P. Contribution à la caractérisation thermique des milieux poreux granulaires : optimisation d'outils de mesure « in-situ » des paramètres thermiques, application à l'étude des propriétés thermiques du matériau terre. Thèse, INPG Grenoble, 226 p., 1986.
5. [HYGROBA] CETTE Est, ENSA de Toulouse, LMDC et MPF, pour la Direction Générale de l'Aménagement, du Logement et de la Nature (DGALN). HYGROBA Étude de la réhabilitation hygrothermique des parois anciennes. Cahier n°0 : Generalites. Janvier 2013
6. [RPA] Règles Professionnelles Allemandes de construction en terre édition revue et fournie par Franz Volhard pour l'élaboration de règles françaises le 09/08/2018 : DIN 18951 f.1: 1951-01 et DIN 4102-4 4.11: 1994-03, Partie 4.11, cf. Conditions particulières

Voir Guide de bonnes pratiques Terre allégée

--2. Annexe n°2. Quelques éléments indicatifs de diagnostic et de mesures correctives

1. Apparition de désordres lors du séchage

Ces désordres ne peuvent survenir si l'on suit les prescriptions des chapitres précédents. Dans les cas suivants 1) et 2) ils ne remettent pas en cause la solidité du *torchis* et seront protégés par l'enduit. De même dans le cas 7), ces inconvénients s'amointrissent avec le temps ou par un simple brossage.

1.1 Fissures et retraits

Si ce retrait s'accompagne de fissures en surface (faiénçage), c'est que la terre est probablement trop argileuse et qu'il faut redonner du « corps » au *torchis* en lui ajoutant un dégraissant (sable) et/ou le recharger en fibres.

1.2 Un retrait seul apparaît

Après une période de séchage de un à sept jours selon les conditions climatiques, un retrait important observé au contact du bois peut être le signe d'une trop forte humidification du mélange ou du *support*.

1.3 Le *torchis* se désolidarise du *support* et de la *structure*

Soit le *support* est mal fixé, soit le mélange trop humidifié a opéré un décollement et n'adhère pas au bois.

Les fibres présentes dans le mélange sont mal tressées / enchevêtrées sur le *support*.

1.4 Le *torchis* est friable

La terre du mélange est trop sableuse, trop maigre. On peut le corriger avec un enduit ultérieur mais une seule passe d'enduit ne suffit pas, il en faut 2 ou 3, et l'enduit ne doit pas être trop serré*.

Autre possibilité : le *torchis* mis en œuvre tardivement dans la saison a subi une phase de gel / dégel. La variation de volume provoque alors une desquamation plus ou moins superficielle, qu'il convient d'évaluer par grattage de la surface une fois le séchage effectué. Si l'atteinte est trop profonde, elle nécessite une reprise plus ou moins importante, allant du renformi à la dépose et au remplacement du *torchis*.

1.5 Des fissures apparaissent au bout de 12 heures ou plus

Le *torchis* n'a pas été réalisé dans de bonnes conditions climatiques ou posé en période de gel.

1.6 Le torchis se décolle

Les parties friables d'un ancien *torchis* n'ont pas été enlevées. Le *torchis* a été réalisé en plusieurs couches insuffisamment humidifiées et striées. Le *support* n'a pas été bien fixé et/ou présente une mauvaise planéité. L'épaisseur du *torchis* est trop faible ou trop importante.

1.7 Présence d'un film blanchâtre en surface

Cas d'un matériau fortement dosé en chaux (plus de 5%). S'il s'agit du *torchis*, celui-ci n'est pas indiqué dans le cadre de bonnes pratiques car il ne sera pas réemployable. S'il s'agit d'un enduit voir Règles professionnelles des enduits sur *supports* composés de terre crue. Sinon, en général, un broissage suffit.

2. Désordres liés à l'exposition

2.1 Défauts du soubassement et/ou des protections architecturales

Cause : enfouissement de la base du mur par le rehaussement du niveau du sol.

Remède : reprise de la garde au sol. Une vêtüre, un bardage en partie basse du panneau de *torchis* peuvent compléter la protection. (voir durabilité* et pérennité du *torchis*)

Cause : pleine exposition au rejaillissement et aux pluies battantes.

Remèdes : Pose ou reprise d'un enduit ; reprise de la gouttière, du débord de toit, de la vêtüre, de l'essentage ou du bardage ventilé ; déposer les aménagements trop imperméables ou étanches en pied de mur (trottoir, terrasse béton) sur lesquels l'eau rejaillit et qui empêchent l'évaporation de l'eau et favorisent les remontées capillaires ; revoir l'évacuation de l'eau en pied de mur.

Note : Essentage : Revêtement mural ou couverture de toiture en essentes (Source : Dicobat).
Essente : Planchette de bois tranchée sur quartier et utilisée comme tuile pour couvrir les toitures ou les parois. Toujours d'une essence à forte durabilité, le plus souvent Châtaignier, Chêne, Robinier, Mélèze.
Synonymes = tavaillon, bardeau. Ou planchette de bois en forme d'ardoise servant de matériau de couverture ou de bardage des pignons et jouées de lucarnes. On dit aussi, selon les régions essaule, essanne, essaune.(Source : Dicobat).

2.2 Affaiblissement des protections

Les dégradations du *torchis* peuvent être causées par l'infiltration d'eau de pluie, par les couvertures, par les baies et les appuis défectueux ou par des enduits fissurés, des réseaux d'évacuation ou d'alimentation d'eau fuyards.

2.3 Modification inappropriée des structures

Déformation du *torchis* par défaut de triangulation de l'armature porteuse. Méconnaissance des principes *structurels* de la *structure*.

--3. Annexe n°3. Les adjuvants*

1.1 Les adjuvants organiques

L'urine de cheval ou bovine (ammoniac) peut remplacer l'eau en tout ou partie, ce qui augmente la plasticité et la perméabilité du matériau.

Les balles végétales, crottins et bouses animales, riches en cellulose, incorporés au mélange, provoquent un effet stabilisant et/ou hydrophobe. Les adjuvants cellulosiques renforcent la terre, les forces ioniques, conditionnent le Ph, et la cohésion des éventuels enduits.

Les huiles (lin + térébenthine) ont un pouvoir siccatif qui durcit la surface, augmente la résistance à l'eau mais peut, par contre-coup, rendre la surface de la chape ou forme* de *torchis* non perméable à la vapeur d'eau et non réemployable. Ces formes généralement fines (2 cm) se décapent si besoin.

La caséine (protéines de lait) interagit avec les argiles avec une action à la fois hydrophobe et hydrophile et servent à coller les argiles. On utilise par exemple cet adjuvant pour empêcher une surface de poudrer avec un mortier très limoneux ou sableux.

1.2 Les adjuvants minéraux

Le verre expansé ou autres substances minérales poreuses sont parfois employés pour diminuer la masse volumique de la terre et la conductivité thermique. Mais ils ne jouent pas le rôle essentiel d'armature que permettent les fibres végétales.

La viscosité* d'un mélange en barbotine est diminuée par l'ajout de défloculents (bicarbonate de soude ou cendre de bois). Le mélange est alors plus fluide pour une même quantité d'eau. Cela facilite l'imprégnation de barbotine à la paille des mélanges légers.

--4. Annexe n°4. Lexique des *supports de torchis*

Note: Complément de l'Article 3-Définitions.

Les *supports* de fixation sont présentés ici à titre d'identification. Ce ne sont pas des modèles mais des éléments historiques qui ouvrent des perspectives aux inventeurs de nouveaux *supports*. Ces *supports* sont "normalement" invisibles une fois les *torchis* posés et les bâtiments bien entretenus.

1.1 *Supports de planchers*

Andouille :

fusée, fuseaux, quenouille, quenouillette, barreau de terrasse

Pièce de bois ressemblant au barreau ou palançon non appointé, enrobé de *torchis*. Permet de réaliser une aire de plancher ou une paroi. Se pose aussi sans fixation préalable. (ici invisible mais perceptible par l'effet de rouleaux autour d'un barreau)



Illustration 1: Andouilles achevées et bien serrées, vues par dessous en Normandie. (Aurélie Le Pape)

Languette :
voussette

Pièce de bois permettant la réalisation de plafond à voussure exécuté avec baguette ou languette bloquée et arquée entre solives.



Illustration 2: Languettes ou voussettes vues par dessous. (Marie-Christine Geib-Munier)

Palet :
palette

Planche ou latte courte refendue proche du bardeau et disposée sur des solives à faible intervalle. Composant du plancher cloué ou posé avant réalisation de l'aire de plancher.



Illustration 3: Plancher de palets, support d'une chape de torchis, vu par dessus (Gers). (Sophie Popot)

1.2 Support des Parois verticales à rainure

Barreaudage :

Support d'accroche posé dans l'épaisseur de l'ossature porteuse. Ensemble constitué de barreaux, baguettes, palançons, éclisses. Espacement permettant la pose tressée, cordée et pose à cheval.



Illustration 4: un barreaudage (© Roger Choplain, Roland Maston Région Auvergne Rhône-Alpes, Inventaire général du Patrimoine culturel, ADAGP, 2018)

Barreau :

Autre terme utilisé pour dénommer le palançon. De section ronde ou rectangulaire, les barreaux sont placés plus ou moins parallèlement les uns aux autres, verticalement ou horizontalement. L'ensemble des barreaux forme le barreaudage.



Illustration 5: un barreau (Frédéric Evard)

Palançon :

palançon, palisson, palçon, palesson, palat, palut, palson, palsans, esparroun, escaloun, escaloun, flachtwarik, poillots, rellons, rollon, reyel, tarquettes,

Pièce de bois en forme de bâton (bois rond). Bois de fente, taillé et épointé, encastré entre les colombages (trou et rainure). Le palançon est placé horizontalement, verticalement, en oblique ou en éventail et franchit le plus petit côté des cadres du pan de bois. Utilisés seuls, les palançons servent de *support* aux torches de *torchis*, posées à cheval sur les bois. Les palançons forment aussi la base du clayonnage, sur lesquels viennent se fixer ou s'entrecroiser des lattes, des baguettes ou des tresses de paille. Ils servent également d'armature à un enrobage de *torchis* pour des fuseaux ou des quenouilles.

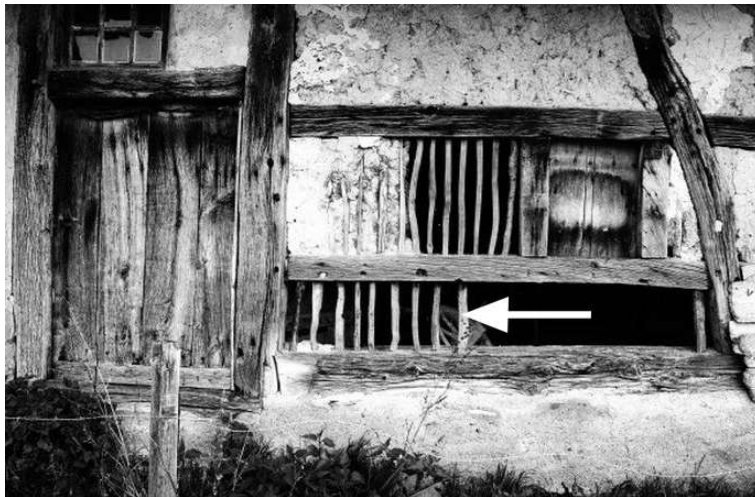


Illustration 6: un palançon. (Région Centre-Val de Loire, Inventaire général, Robert Malnoury)

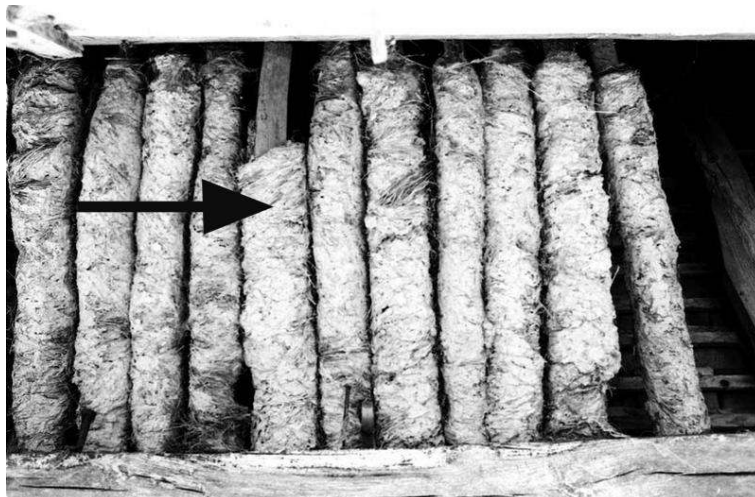


Illustration 7: Andouilles ou quenouilles, inachevées, non serrées les unes aux autres, laissant entrapercevoir le palançon. (© Région Centre-Val de Loire, Inventaire général, Robert Malnoury)

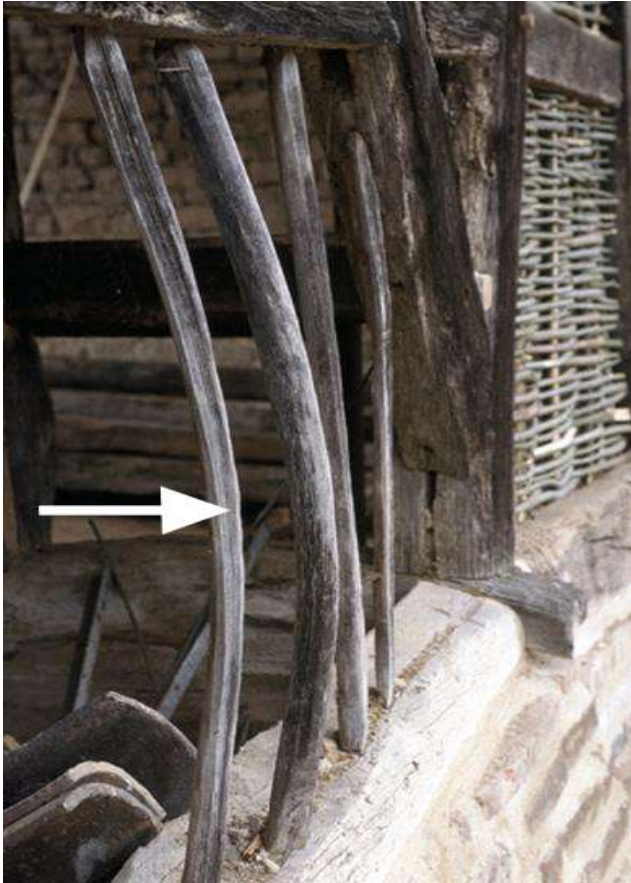


Illustration 8: un palançon, support de clayonnage ou première trame. (© Médiathèque de l'architecture et du patrimoine (Centre de recherche des monuments historiques - CRMH) diffusion RMN, Charles Hurault)

Éclisse :
clisse, clisson, esquille

Sorte de palançon court. Pièce de bois généralement de fente, taillée, de taille plutôt modeste, un peu plus longue que l'espace à garnir. Pièce de bois refendu posé en obliques parallèles ou en zig zag entre 2 colombes. De la famille des barreaudages.



Illustration 9:Éclisses entre colombes de trame moyenne (© Région Centre-Val de Loire, Inventaire général, Jean-Claude Jacques)

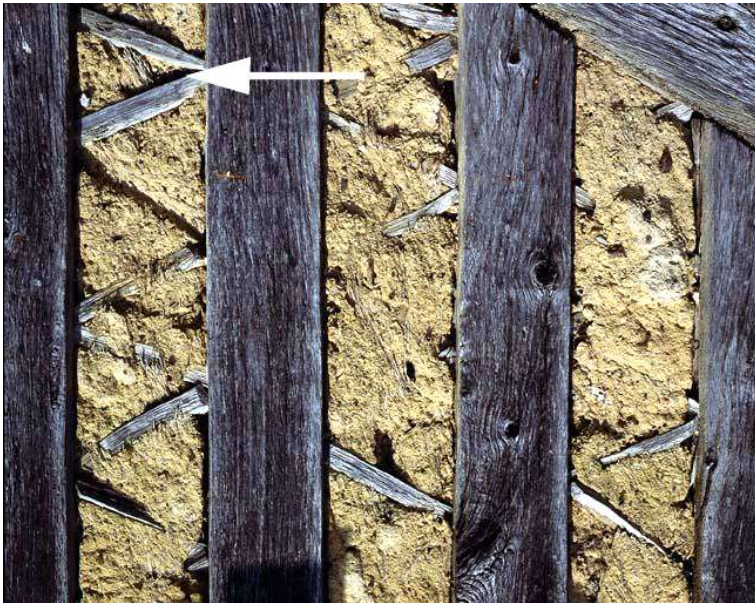


Illustration 10: des éclisses posées en zig-zag (© Région Centre-Val de Loire, Inventaire général, Robert Malnoury)

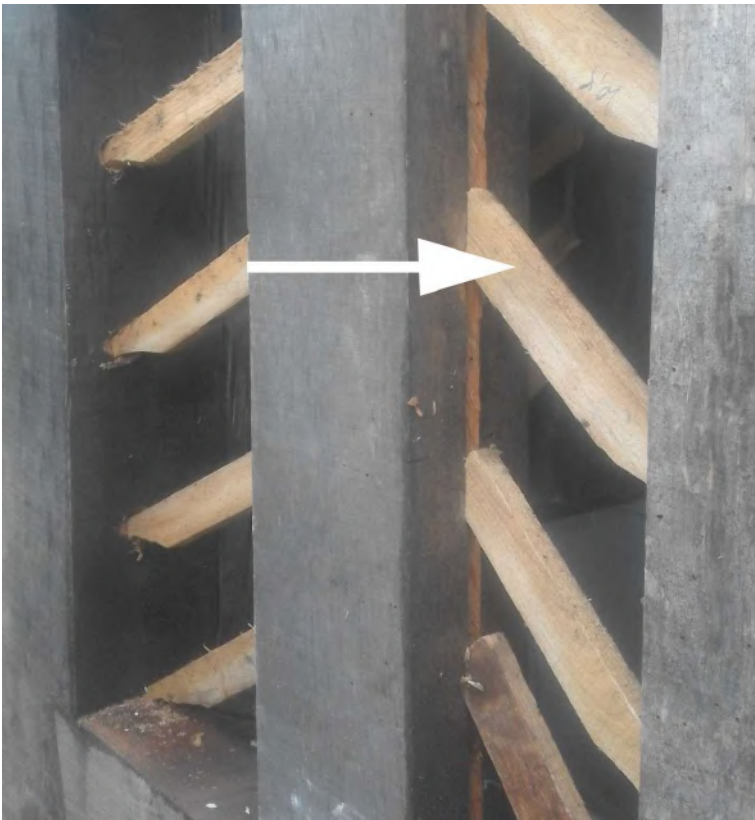


Illustration 11: une éclisse entre deux colombes de trame étroite avant la pose du mélange. (Yan Minne)

1.3 Support des Parois verticales sans rainure

Latte :

Longues branches refendues en 2 ou en plusieurs lames ou plus récemment pièces de bois sciées. De section rectangulaire de fine à grosse. Dans un système simple, elles sont clouées ou liées à l'ossature. Dans un système composé, elles sont fixées ou entrelacées sur les palançons.



Illustration 12: une latte (© Région Centre-Val de Loire, Inventaire général, Robert Malnoury)



Illustration 13: Contre-latte visible avant la pose du mélange Normandie (Yan Minne)



Illustration 14: Doubles contre-lattes ou contre-tasseaux en Normandie (Aurélie Le Pape)

Baguette *gaulette*

Petite gaule, long bâton ou perche. Longue branche fine ou branche refendue non écorcé servant de lattage, souvent grossier et dont l'espacement en *support* simple est important. Usage : famille simple et croisée



Illustration 15: une gaulette (Marie-Christine Geib-Munier)

Lattage :

Ensemble formé par des lattes clouées sur l'ossature ou tenues par des liens (ou archelles : liens d'osier). On parle de lattage et non de lattis à partir d'un certain écartement (la paume de la main) permettant la pose "à cheval". Peut désigner un système de fixation composé de rayes. Actuellement, certains posent le lattage au nu du colombage, cloué sur un contre-lattage fixé sur le flanc du pan de bois. Ce contre-lattage doublé joue le rôle de la rainure nécessaire à la fixation de l'éclisse ou du barreau à posteriori (voir Fig. 14).



Illustration 16: Lattage formant lattis par endroit (Yan Minne)

Lattis :

Support de fixation sur poteaux, colombages, solives, sous rampant de toiture, cintrage... Ensemble constitué de fines lattes à espacement étroit (de quelques millimètres à 5 ou 6 cm d'espacement) permettant la pose bourrée, projetée, plaquée. Il a été vu dans des conduits de cheminée et dans les pièces de fumage et salaison.



Illustration 17: un lattis découvert sur une face (Mylène Gajic)



Illustration 18: un lattis au sol formant plancher non jointif et support de chape, vu par dessous (Mylène Gajic)



Illustration 19: un clayonnage composé de palançons verticaux en première trame et de liens d'osier en deuxième trame (Aurélie Le Pape)

1.4 Les supports croisés

Clayonnage :

Support - cadre formé de palançons/ barreaux autour desquels viennent se fixer ou s'entrelacer de fines baguettes ou lattes de bois souple, formant une sorte de claie.



Illustration 20: Clayonnage composé de palançons verticaux en première trame de cordes de paille en seconde trame. (Choplain Roger; Maston Roland)



Illustration 21: Détail. De l'illustration 20- La paille est torsadée directement ou après trempage dans une barbotine de terre, puis elle est tressée sur la première trame. (Choplain Roger; Maston Roland)



Illustration 22: Clayonnage composé de palançons verticaux en première trame (Fig. 9) et de baguettes horizontales en 2e trame. (© Médiathèque de l'architecture et du patrimoine (Centre de recherche des monuments historiques - CRMH) diffusion RMN, Charles Hurault)



Illustration 23: Clayonnage composé de 3 palançons verticaux en première trame et de baguettes croisées en 2e trame en Alsace. (Sophie Popot)

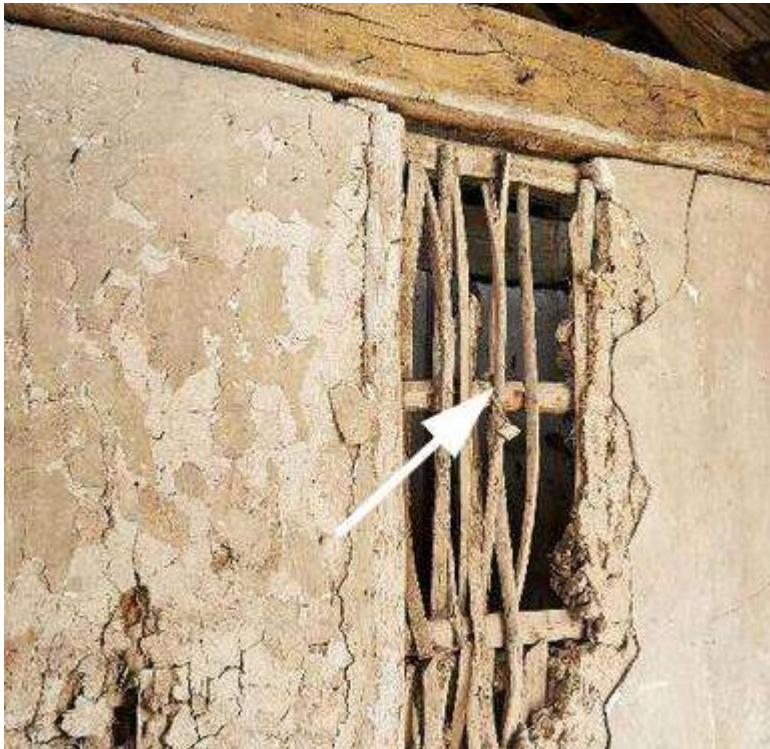


Illustration 24: Clayonnage composé de palaçons horizontaux en première trame et de baguettes verticales en 2e trame. (©Région Grand Est - Inventaire général/Ph.B.Drapier)

Il existe une étroite corrélation entre le *support* de fixation, la longueur des fibres utilisées en mélange et la technique de pose. Plus le *support* est écarté, plus les fibres sont longues.

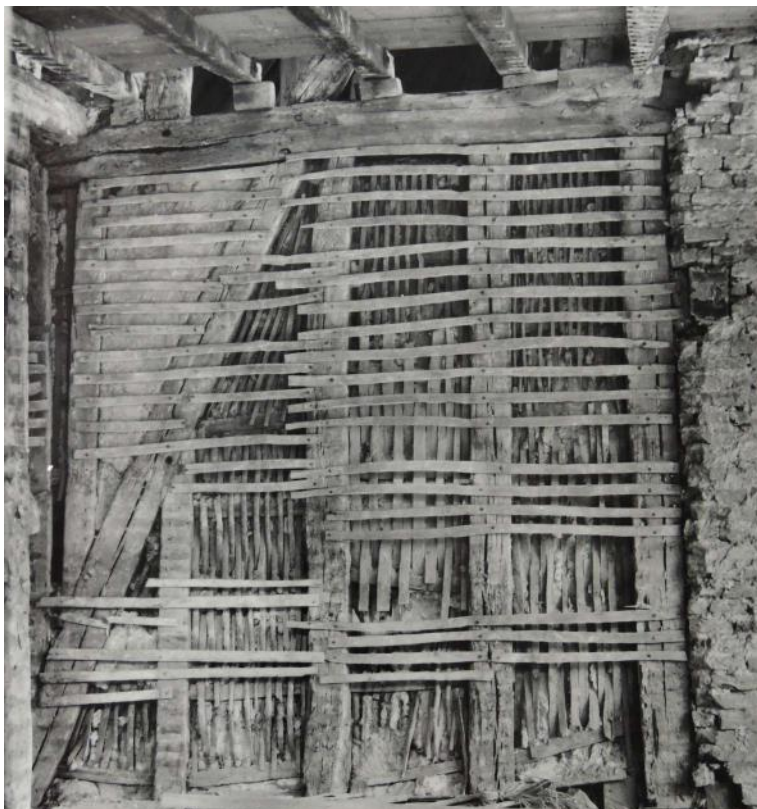


Illustration 25: Une paroi avec une combinaison de deux types de support de fixation, clayonnage vertical entre bois d'ossature, lattis horizontal sur le colombage (© Médiathèque de l'architecture et du patrimoine (Centre de recherche des monuments historiques - CRMH) diffusion RMN Daniel Bontemps

--5. Annexe n° 5- Lexique des principaux types de pose

Pose en chape

Une première forme plutôt sèche est répandue sur le plancher mais non obligatoire. Elle peut être damée. Une deuxième couche beaucoup plus humide autorise le nivellement. Certains observent que l'écartement des lattes du plancher permet à cette chape de s'égoutter, d'améliorer le séchage et de former des bourrelets en sous faces comme une pose bourrée ou plaquée. Ces bourrelets en plafond permettent une accroche plus aisée de l'enduit du plafond. On a vu également des sous-couches de torches de pailles posées recouvertes d'une fine chape de terre de nivellement.



Illustration 26: un lattis au sol formant plancher non jointif, vu de dessus. Avant la pose de la chape sèche (Sophie Popot)



Illustration 27: Pose bourrée ou plaquée : sur un lattis ou sur un clayonnage (espacement inférieur à 4 cm). A la main ou avec un outil (truelle, taloche en bois). Finition par pression verticale. Les deux parements ne sont pas exécutés en même temps. La surface intérieure gagne à être garnie en premier, car elle bénéficie alors d'une ventilation naturelle qui lui assure un séchage plus rapide.

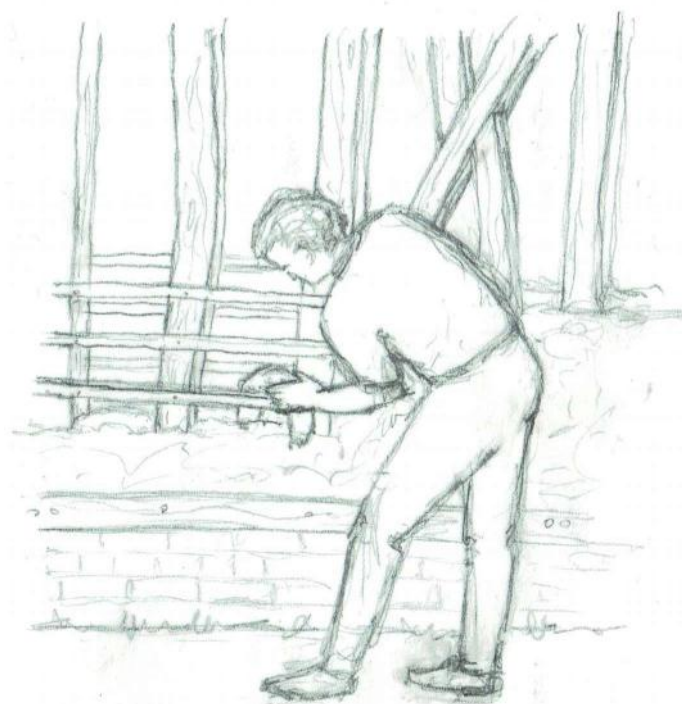


Illustration 28: Pose à cheval : Mise en œuvre sur tout support de fixation suffisamment résistant et espacé pour recevoir une paumée de torchis à cheval. Les poignées se superposent les unes aux autres. Les deux parements peuvent être dressés en même temps par un travail en vis à vis qui nécessite deux poseurs, parfois une banche fixée provisoirement remplace un poseur.



Illustration 30: Pose enroulée :Préfabrication d'andouilles, fuseaux, fusées ou quenouilles constitués de palançons ou barreaux enrobés de torchis sous forme de nappes ou de torches enroulées en spirales, souvent sur table.



Illustration 29: Les fuseaux juxtaposés sont placés frais dans les cadres des colombages. Finition d'égalisation avec un enduit ou forme de torchis plaqué.



Illustration 31: Finition d'égalisation après pose à cheval ou pose en fusées.

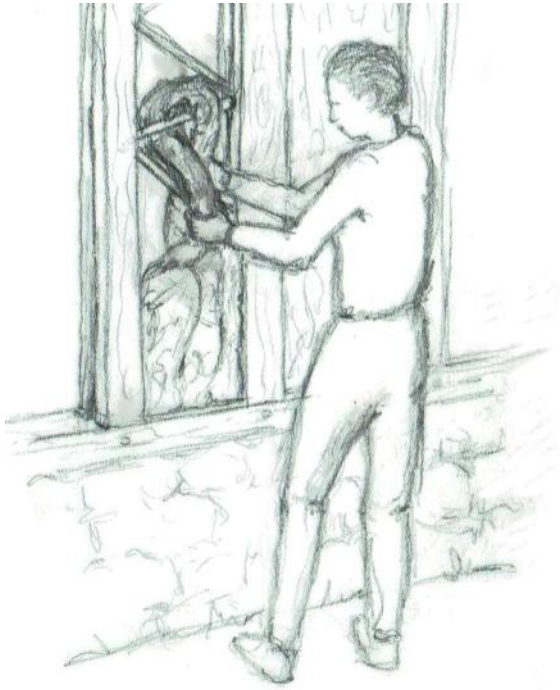


Illustration 32: Pose tressée : Soit les pailles sont imprégnées dans une barbotine puis torsadées, elle formes alors une La longue torche de torchis à l'état plastique est tressée sur le support. Soit elles sont réalisées avec une corde de paille sèche, la pose se réalise tressée sur le support. Finition d'égalisation ou de remplissage avec un enduit de torchis plaqué.



Illustration 33: Pose projetée / rabattue :La personne se met à une certaine distance et projette avec force. Ce type de pose s'effectue parfois directement à la fourche. Il existe aussi des projections mécaniques. Finition par pression verticale.

--6. Annexe n° 6- Bibliographie

1. BaBylas Nadine, Ingrid Boxus, Lambert Jannes, Florence Pirard, Les indispensables du patrimoine : Terre crue, Institut du patrimoine Wallon, 2012, 56 p.
2. CODEM, Guide Réhabiliter le bâti picard en pan de bois, 2014
3. Collectif : sous la direction de Claire-Anne de Chazelles, Emilie Léal et Alain Klein, Construction en terre crue : *torchis*, techniques de garnissage et de finition, architecture et mobilier. Échanges transdisciplinaires sur les constructions en terre crue, volume 4. Actes de la table-ronde internationale de Lattes (34), 23-25 novembre 2016. de. Editions de l'Espérou. 2018. 543 p.
4. Collectif, Le bâti à pan de bois et torchis, PNR caps et marais d'opale, 2006 livret.
5. Dupré Nicole, étude, Roger Lheureux, maçon de torchis à Huppy, Somme 80
6. Lahure Franck, Fascicule technique sur la mise en œuvre du *Torchis*, PNR de Brotonne - Chambre de métiers 76 -fédération du bâtiment, 2000, 32p
7. Vissac, Aurélie, Ann Bourgès, David Gandreau, Romain Anger, et Laetitia Fontaine. Argiles et biopolymères. Villefontaine: CRAterre, 2017.
8. Volhard, Franz, Construire en Terre Allégée, Éditions Actes Sud, Arles 2016, 288 p.

Autres sources voir : Annexe n°1 : propriétés des *torchis*

Glossaire de la construction en terre crue

Absorption : Pénétration de liquide ou de gaz dans un matériau à travers une paroi perméable pour eux.

ACSCNI (Analyse et Caractérisation des Systèmes Constructifs Non Industrialisés) : Projet réalisé en 2004, visant à valider et valoriser les systèmes constructifs utilisant des matières premières et des processus hétérogènes et pour lesquels les savoir-faire sont déterminants pour la performance finale des éléments construits. Un des enjeux de ce projet était aussi de formaliser le passage du savoir-faire de l'oral à l'écrit. *Le pilotage du projet était assuré par le CSTB avec Construire en Chanvre, Craterre, ENTPE, CAPEB et Réseau Ecobâtir.*

Adjuvant : Produit ajouté en petite quantité pour modifier certaines caractéristiques d'un matériau.

Agrafe : Élément de fixation, scellement ou assemblage, de formes diverses, scellé entre deux éléments de mur pour les solidariser.

Antifrettage : Procédé qui consiste à supprimer les composantes horizontales dues au frottement lors de l'application d'une charge sur une éprouvette.

Appareillage : Action ou manière de disposer les éléments de maçonnerie dans le mur.

Appui (de baie) : Partie horizontale qui forme la partie inférieure d'une ouverture.

Arase : En maçonnerie, face supérieure d'une paroi correctement mise de niveau. L'arase peut être horizontale ou inclinée, mais définie par un plan unique.

Arc : maçonnerie permettant le franchissement d'un espace vide, ouverture ou passage, en prenant appui à ses extrémités sur des points solides

Arc de décharge : Disposition de maçonnerie en forme d'arc placée dans un mur au-dessus d'un linteau pour le soulager par report d'une partie des charges vers les appuis latéraux.

Argile (voir terre) : Composant de la terre structuré en feuillets et de dimension inférieure à 0,002 mm qui confère au matériau ses propriétés de cohésion et de plasticité. Élément le plus fin des granulats contenus dans la terre.

Avis technique : Certifie l'aptitude d'un produit à l'usage pour des ouvrages réalisés avec des procédés innovants, donc normalement non couvert par une norme ou un DTU.

Banchée : Volume de matière contenu d'entre les parois d'un coffrage. Une banchée est réalisée d'un seul tenant (sans décoffrage intermédiaire).

Barbotine : Terre délayée dans de l'eau et malaxée. Sa consistance peut varier de l'état visqueux à liquide.

Bloc : élément à maçonner qui nécessite deux mains pour être tenu.

Brique : élément à maçonner qui peut se tenir à une main

Capacité hygroscopique : voir « Valeur de tampon hydrique », scientifiquement plus juste

Capacité thermique : Grandeur physique qui caractérise la capacité d'un matériau à stocker la chaleur. La capacité thermique s'exprime en J/K.

Capacité thermique massique ou Chaleur spécifique : Caractéristique thermique d'un matériau correspondant à la quantité de chaleur nécessaire pour augmenter d'un degré la température d'un gramme de ce matériau. La chaleur spécifique, symbole C, s'exprime en J/kg.K.

Capacité thermique volumique : Quantité de chaleur nécessaire pour augmenter d'un degré la température d'un mètre cube d'un matériau ; s'exprime en J/m³.K.

Capillarité : Phénomène physique résultant des effets de la tension superficielle à l'interface air-liquide au contact d'une paroi et conduisant à l'ascension capillaire. On parle de « remontées d'humidité par capillarité »

Chaînage : Action de chaîner. Renfort continu ayant une bonne résistance à la traction, obtenu à l'aide d'un matériau résistant à la traction (barres ou tirants en métal, bois...) ou parfois simplement par harpage, afin de rendre plus rigide une construction en maçonnerie. Il est ici horizontal (ceinture au niveau des planchers ou de la toiture). Un chaînage, ou plus anciennement une chaîne, désignait à l'origine les chaînes que l'on disposait dans les maçonneries pour en accroître la résistance aux efforts de traction; un appareil intérieur donc, en bois ou en fer.

Charge : Force qu'exerce la pesanteur d'un élément d'ouvrage sur ses points d'appui.

Charge (granulaire) : Terme parfois utilisé pour désigner un granulat.

Cisaillement : Effort qui s'exerce dans le plan d'adhérence de deux éléments et qui tend à les désolidariser.

Coefficient d'absorption d'eau : Rapport de l'augmentation de la masse de l'échantillon après imbibition par l'eau, à la masse sèche de l'échantillon.

Coffrage : Enveloppe de forme stable réalisée pour maintenir le matériau dans un espace délimité le temps de sa mise en œuvre par tassage, compression, façonnage, etc. Il doit en particulier résister à la pression. Le coffrage se différencie du moule dont la forme et l'élaboration des parements sont plus complexes.

Coffrage perdu : Coffrage définitivement inclus dans la construction.

Cohésion : Force qui unit les éléments constitutifs de la terre et contribue ainsi aux caractéristiques mécaniques de l'élément d'ouvrages.

Compactage : Opération consistant à réduire le volume de la terre et ainsi augmenter sa densité par l'application d'une pression mécanique et/ou une vibration.

Compression : État de contrainte provoqué par une action mécanique unidirectionnelle (effort) qui tend à réduire le volume de matériau sur lequel elle s'applique. S'oppose à la traction.

Conductivité thermique : Grandeur physique qui caractérise l'aptitude d'un corps à conduire la chaleur. Symbolisée généralement par le coefficient λ , elle s'exprime en watt par mètre-kelvin, $\lambda = W.m^{-1}.K^{-1}$.

Contrainte (mécanique) : Grandeur physique égale à une intensité de force par unité de surface de solide sur laquelle elle s'applique. L'unité couramment utilisée est le Méga Pascal (MPa).

Contrefort : Pilier massif adossé à un mur ou surépaisseur ponctuelle du mur permettant d'en renforcer la stabilité et de reprendre certaines poussées latérales.

Contreventement : Dispositif d'éléments de structure (contrefiches, croix de St André ou palées, parois) permettant à un ouvrage de résister aux actions horizontales ou obliques (notamment du vent et des séismes) avec des déformations restant admissibles.

Contreventer : Établir un contreventement.

Dégraissant : Agrégat minéral ou organique pouvant « corriger » une terre trop argileuse. Le dégraissage d'une terre trop argileuse assure une meilleure malléabilité du mélange et la limitation des fissurations de retrait lors du séchage.

Dégraisser une terre : Diminuer la fraction argileuse par l'ajout de composants inertes.

Densité (voir aussi Masse volumique) : Rapport de la masse d'un certain volume d'un corps (terre, fibres, ...) à celle de l'eau. La densité s'exprime sans unité.

Désagrégation : Destruction de la cohésion des agglomérats, des mottes de terre ou du pisé. Ceci peut se faire manuellement ou naturellement par gel/dégel.

Désorption : La désorption est la transformation inverse de la sorption (adsorption ou absorption), par laquelle les molécules d'eau absorbées quittent le matériau.

Diaphragme : Élément de structure horizontal ayant une rigidité suffisamment importante pour pouvoir être considéré comme indéformable dans son plan et capable de redistribuer les actions horizontales aux éléments verticaux d'un ouvrages.

Diffusivité thermique : Aptitude à transmettre plus ou moins rapidement une variation de température. Physiquement, la diffusivité thermique exprime l'aptitude d'un corps à transmettre la chaleur plutôt qu'à l'absorber. Par conséquent, plus la diffusivité thermique d'un matériau est faible et plus la chaleur met de temps à le traverser. La diffusivité thermique, de symbole D , s'exprime en m^2/s .

DPM (Documents Particuliers du Marché) : Les DPM, entre autres le CCTP Cahier des Clauses Techniques Particulières, décrivent ce qui ne relève pas des NF DTU.

DTU (document technique unifié) : Un NF DTU est un document normalisé de clauses techniques types qui peut servir à préciser le contrat de mission entre le maître d'ouvrage et la personne responsable de la mise en œuvre, et sur lequel le prescripteur peut s'appuyer pour définir les clauses techniques types. Les DTU relèvent du droit commercial qui régit le contrat librement établi entre parties. Ils ne sont pas obligatoires et ne font pas partie de la réglementation technique française du bâtiment. À la différence des règles professionnelles qui s'imposent à l'ensemble de la profession.

Drain, drainage : Dispositif de collecte et d'évacuation des eaux d'infiltration.

Ductilité : Capacité d'un matériau à s'allonger sans se rompre.

Durabilité du bois : Résistance du bois -et des matériaux celluloses- aux agents de dégradation biologique.

Dureté : Aptitude d'un matériau à résister aux contraintes d'écrasement et de poinçonnement.

Effet de voûte : Création naturelle d'une arche à l'intérieur de la matière par assemblage de grains d'une roche meuble ; des contraintes internes répartissent le poids d'une couche de milieu granulaire sur les côtés plutôt que sur la couche immédiatement en dessous : une partie des forces de compression devient des poussées latérales. Voir arc de décharge.

Effusivité thermique : Capacité d'un matériau à échanger de l'énergie thermique avec son environnement. Plus l'effusivité est grande, moins le matériau se réchauffe rapidement. L'effusivité thermique, de symbole E , s'exprime en $J.K^{-1}.m^{-2}.s^{-1/2}$.

Élancement : Une pièce est dite élancée quand une de ses dimensions est très grande par rapport aux autres. Dans ce guide, l'élancement d'un mur est défini comme étant le rapport entre sa hauteur et son épaisseur = hauteur en mètre / épaisseur en mètre.

Engravure : Entaille faite dans une maçonnerie.

État limite : Dans le calcul des structures, état au-delà duquel une structure ne satisfait plus aux exigences de performance pour lesquelles elle a été conçue.

Flambage ou flambement : Déformation, par instabilité élastique, d'un élément de structure comprimé trop élancé soumis à une force de compression excessive ou dont l'application est décentrée. Cas des poteaux, des murs, des éléments de charpente, mais aussi des poutres ou planchers comprimés dans leur plan (jeu périmétrique insuffisant pour absorber les variations hygrométriques notamment).

Franchissement : Moyen permettant de maintenir une charge (mur, toiture) au-dessus du vide créé entre deux éléments d'ouvrages.

Frettage : Intervention qui consiste à consolider la résistance en compression d'un élément en l'encerclant d'une ceinture métallique (une frette), pour bloquer les déformations transversales.

Fruit : Inclinaison d'un mur dont l'épaisseur décroît de sa base vers son faîte.

Gouttereau : Se dit du mur sur lequel s'appuie la base de l'égout d'un toit, avec ou sans gouttière ou chéneau. Les murs gouttereaux s'opposent aux murs pignons.

Granulat : Composant inerte de la terre de dimension supérieure à 0,02 mm, c'est-à-dire les sables et les graviers.

Harpage : Action de renforcer un mur par le croisement des blocs qui le constitue, notamment en angle pour la jonction entre deux murs.

Hourdis : Désigne tout remplissage comblant les vides entre les pièces d'une ossature ou les solives d'un plancher. Les torchis, les terres allégées, la bauge, le pisé, voire les briques de terre, permettent ce type de remplissage.

Humide (état) : État de la matière permettant la compression mais non déformable sans rupture. Cet état de la matière est plus sec que l'état plastique mais suffisamment mouillé pour permettre la compression et la cohésion.

Hygrométrie : Quantité relative d'eau sous forme gazeuse présente dans un gaz (par exemple dans l'air)

Hygrothermie : Caractérise la température et le taux d'humidité de l'air ambiant d'un local.

Inertie thermique : Prédilection d'un matériau à garder longtemps sa température initiale lorsqu'intervient une perturbation de son équilibre thermique ; capacité d'un matériau à stocker de la chaleur et à la restituer petit à petit. Elle est évaluée à l'aide des deux paramètres suivants : la diffusivité et l'effusivité. L'inertie thermique, de symbole I , s'exprime en watt heure par m² Kelvin, $I = W.h.m^{-2}.K^{-1}$.

Jambage ou piédroit : Partie latérale verticale qui borde une ouverture de part et d'autre.

Liant : Permet l'enrobage de tous les composants et assure la cohésion. Les argiles constituent les principaux liants de la terre à bâtir.

Lindier : Pièce de répartition de charge en bois.

Loi de masse : Loi à laquelle obéit la valeur d'isolement acoustique d'une paroi en fonction de sa masse surfacique : l'énergie transmise est inversement proportionnelle au carré de la masse. Il résulte de cette loi, dite aussi loi de Berger, que l'indice d'affaiblissement acoustique brut d'une paroi augmente de 6 dB par doublement de la masse (si on double l'épaisseur, on double la masse surfacique de paroi) ou, pour un matériau homogène, par doublement de l'épaisseur.

Masse volumique (voir densité) : Masse de l'unité de volume. De symbole ρ , elle s'exprime en kg.m⁻³.

MPa, Méga Pascal : Unité de mesure d'une pression ou d'une contrainte : 1MPa = 10,2 kg.cm⁻².

Modénature : Distribution et proportions des éléments caractérisant une façade. Traitement ornemental de certains éléments structurels d'un édifice pour en exprimer la plastique. (La modénature est obtenue par un travail en creux ou en relief, continu [moulures] ou répétitif [modillons, bossages, caissons, etc.]).

Module d'élasticité : Valeur caractérisant le comportement élastique d'un matériau et correspondant au coefficient de proportionnalité entre la variation de contrainte appliquée et la variation de déformation observée.

Muralière : Poutre ou lambourde scellée ou posée sur des corbeaux le long d'un mur.

NF-EN-DTU : Norme française, résumée en DTU*, documents techniques unifiés.

Norme : Règle fixant les conditions de la réalisation d'une opération, de l'exécution d'un objet ou de l'élaboration d'un produit dont on veut unifier l'emploi ou assurer l'interchangeabilité. L'association française de normalisation (AFNOR) joue un rôle central et délègue à des bureaux de normalisation sectoriels (BNS) l'élaboration de projets confiés à des commissions de normalisation.

(Les travaux de normalisation internationale sont menés par l'Organisation internationale de normalisation [International *Organization for Standardization*], conventionnellement appelée ISO, qui publie des normes internationales destinées à harmoniser entre elles les normes nationales. Il existe aussi un Comité européen de normalisation [CEN]).

Normatif : Un document normatif « donne des règles, des lignes directrices ou des caractéristiques, pour des activités ou leurs résultats ». Il n'a donc pas la même portée qu'une norme, ni la même approbation, mais il peut devenir « norme ».

Opus spicatum : Appareil fait d'éléments de maçonnerie disposés en épi.

Ouvrage : En maçonnerie, mur ou ensemble de murs.

Performantiel : se dit d'un élément d'ouvrage (mortier notamment) dont les caractéristiques sont validées en fonction des contraintes réelles auxquelles il sera soumis. Durant sa vie en œuvre. Cette validation se fait le plus souvent par des essais sur le chantier (voir les essais proposés pour les enduits dans les Règles Professionnelles Enduits sur supports composé de terre crue)

Perméabilité à la vapeur d'eau : Aptitude d'un matériau à se laisser traverser par la vapeur d'eau. La perméabilité à la vapeur d'eau, est représentée par la quantité de vapeur d'eau traversant un matériau d'un mètre d'épaisseur par unité de temps et de différence de pression de vapeur de part et d'autre du matériau. Plus la perméabilité d'un matériau est élevée, plus le matériau est apte à laisser la vapeur d'eau passer librement. Symbolisée par le coefficient π ou δ , elle s'exprime en gramme par mètre par seconde et par Pascal $\delta = \text{g.m}^{-2}.\text{s}^{-1}.\text{Pa}^{-1}$ ou g/s.m.Pa .

Perméant : Laisse facilement passer la vapeur d'eau.

Perspiration : Élimination de la vapeur d'eau par évaporation en surface.

Pinoches : Pièces de bois permettant de renforcer la liaison entre les parties anciennes et nouvelles en restauration.

Plasticité : Capacité de la matière à être à l'état plastique, c'est à dire déformable avec persistance de la forme créée. Cette plasticité peut être quantifiée par l'Indice de Plasticité (IP) qui est l'écart de teneur en eau entre l'état plastique et l'état liquide ($\text{IP} = \text{WL} - \text{WP}$, voir état plastique).

Plastique (état) : État de la matière permettant les déformations sans rupture et conservant la forme ainsi obtenue. Les frontières de cet état hydrique sont également définies par les limites d'Atterberg de plasticité (WP) et de liquidité (WL) qui correspondent à des essais de laboratoire permettant de définir les teneurs en eau (en % massique) de ces deux limites.

Plastique ferme (état) : État dans lequel la matière est déformable donc plastique mais avec l'apparition de fissures. La teneur en eau est tout juste suffisante pour être plastique et non compressible et donc proche de la limite de plasticité WP (voir état plastique).

Plastique mou (état) : État dans lequel la matière est déformable mais où la forme se tient mal et a tendance à s'affaisser. La teneur en eau est maximale avant de basculer à l'état visqueux où la forme ne se tient plus et donc proche de la limite de liquidité WL (voir état plastique).

Point de rosée : Température la plus basse à laquelle une masse d'air peut être soumise, à pression et humidité données, sans qu'il ne se produise une formation d'eau liquide par saturation. Par extension, endroit où a lieu la condensation d'eau par diminution de température. Point de saturation en vapeur d'eau.

Porosité : Ensemble des vides d'un matériau solide, ces vides peuvent être remplis par des fluides. Elle s'exprime en % de vide par rapport au volume total.

Poussée : Force horizontale ou oblique qui s'exerce latéralement contre une structure ou une paroi verticale.

Pré-cadre : Bâti rigide d'encadrement des menuiseries solidaires de la maçonnerie.

Pression : Force exercée sur une unité de surface. La pression s'exprime généralement en MPa (MégaPascal) ; $1 \text{ MPa} = 10,2 \text{ kg/cm}^2$, ($1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^{-2}$).

Redent ou redan : Dans une construction, ressaut ou saillie en gradins ou marches d'escalier.

Refend : Mur séparatif et porteur à l'intérieur d'un bâtiment. Synonyme : Mur de refend.

Rejaillissement : Projection d'eau sur la surface du mur qui provoque des infiltrations latérales dans les murs. Contrairement aux désordres causés par les remontées capillaires qui sont permanents, les effets du rejaillissement sont temporaires.

Remontées capillaires : Phénomène d'ascension d'un liquide dans le mur ou le sol. Il est d'autant plus développé que le diamètre des pores ouverts est faible.

Résilience : Aptitude d'un matériau ou d'un élément à rester apte à destination après avoir été affecté, modifié, ou déformé par une contrainte.

Résistance (mécanique): Aptitude d'un matériau ou d'un élément à s'opposer à une contrainte.

Résistance à la rupture : Résistance à la contrainte maximum qu'un matériau ou un élément d'ouvrage est capable de supporter juste avant sa rupture.

Résistance à la diffusion de vapeur d'eau : Indique dans quelle mesure la vapeur d'eau traverse plus difficilement un matériau que l'air. Plus le coefficient de résistance à la diffusion de vapeur d'un matériau est faible, c'est-à-dire plus le matériau constituant la paroi est perméable à la vapeur, plus le mouvement de diffusion de vapeur est important. La quantité de vapeur d'eau diffusant à travers une couche d'un matériau déterminé ne dépend pas uniquement de la valeur de ce coefficient, mais aussi de l'épaisseur de cette couche.

Retrait de séchage : Contraction du matériau provoquée par la diminution de sa teneur en eau.

RT : Réglementation thermique

Ruissellement : Écoulement instantané et temporaire, diffus ou concentré, des eaux.

Saignée : Rainure pratiquée dans une maçonnerie pour y incorporer un conduit ou un tube (chauffage, sanitaire), qui est alors dit engravé. Tranchée permettant l'encastrement d'un plancher dans un mur existant. Voir engravure.

Scléromètre : Appareil permettant de mesurer la dureté d'une surface.

Soubassement : Partie basse d'un mur au-dessus du sol, de constitution traditionnellement différente de celui-ci.

Stabilité mécanique : Aptitude d'un élément d'ouvrage à rester dans sa position.

Sustentation (base de) : Surface virtuelle comprise entre les points d'appui d'un corps, à l'intérieur de laquelle doit se projeter le centre de gravité du corps pour qu'il n'y ait pas déséquilibre.

Tassement : Perte de volume consécutive aux différents séchages ou chargements de l'élément.

Tassement différentiel : Mouvement d'enfoncement ou déformation verticale qui n'est pas uniforme. Il peut de ce fait provoquer des dislocations comme l'apparition de fissures.

Teneur en eau : Masse d'eau contenue dans la terre et exprimée en % de la masse totale de matière sèche.

Terre à bâtir : Terre minérale propre à la construction, dénommée aussi terre crue, que l'on trouve généralement sous la terre végétale. La terre à bâtir résulte de l'altération superficielle des roches qui sont alors transformées par des processus naturels d'érosion chimique et physique. Elles peuvent donc être régionalement et localement de types très différents. En construction, la terre à bâtir est considérée comme un mélange naturel de minéraux argileux, de limons, de sables, de graviers, de cailloux qui forment la structure granulaire.

Terre crue : voir terre à bâtir

Tirant : Élément élancé qui reprend des efforts de traction et s'oppose à l'écartement des murs.

Traction : Action mécanique unidirectionnelle (effort, contrainte) qui tend à allonger ou augmenter le volume du corps sur lequel elle s'applique.

Triquage : Action consistant à battre la surface du mur et réalisée à l'aide d'un outil généralement en bois.

Trumeau : Pan de mur entre deux ouvertures ou deux éléments d'ouvrages.

Valeur de tampon hydrique : Capacité à absorber le surplus de vapeur d'eau quand l'air est trop humide et à le restituer lorsque l'air s'assèche.

Viscosité : État de ce qui est visqueux ; état d'un liquide plus ou moins épais et sirupeux, dû au frottement réciproque des molécules, et qui s'oppose à leur écoulement ; capacité à s'écouler plus ou moins facilement.

Visqueux (état) : État de la matière permettant l'étalement mais capable de porter une charge. Cet état est plus mouillé que l'état plastique mais moins que l'état liquide.

Voûte : couverture d'un espace quelconque par un ouvrage de maçonnerie qui transmet sa charge de façon oblique vers ses appuis



Bauge

Brique de terre crue

Enduit en terre

Pisé

Terre allégée

Torchis



La rédaction de ce **Guide des bonnes pratiques sur la construction et la restauration en Torchis** a été réalisée par les professionnels experts de la construction en torchis (artisans, maîtres d'œuvre, bureaux d'étude, chercheurs...) et pilotée par l'association ARPE (Association régionale pour la promotion de l'écoconstruction) en Normandie www.arpenormandie.org

Le 13 décembre 2018, ce guide a été validé par l'ensemble des associations et organisations professionnelles représentatives des acteurs de la construction en terre : ARESO, ARPE Normandie, AsTerre, ATOUTERRE, CAPEB, CTA, FFB, Fédération SCOP BTP, MPF, RÉSEAU Écobâtir, TERA.

Ce travail a été soutenu financièrement par la DHUP* de 2015 à 2018.

* Direction de l'Habitat, de l'Urbanisme et des Paysages, Ministère de la Transition Écologique et Solidaire & Ministère de la Cohésion des Territoires.