

PRESCRIRE LES ÉCO-MATÉRIAUX dans les MARCHÉS PUBLICS

Action collective
animée par

Réseau Breton
Bâtiment Durable

Lettre d'information n°4



LA TERRE CRUE PORTEUSE

SOMMAIRE

| | |
|------------------------------------|-------|
| INTRODUCTION - CONTEXTE | p. 2 |
| GÉNÉRALITÉS | p. 4 |
| RETOURS D'EXPÉRIENCES | p. 6 |
| RÉGLEMENTATION, NORMES | p. 7 |
| FOCUS : NORMES PARASISMIQUES | p. 9 |
| REDIGER MON CCTP | p. 11 |
| RESSOURCES | p. 13 |
| CONTACTS – ANNUAIRE | p. 14 |

Ont contribué à ce numéro :



Introduction - Contexte

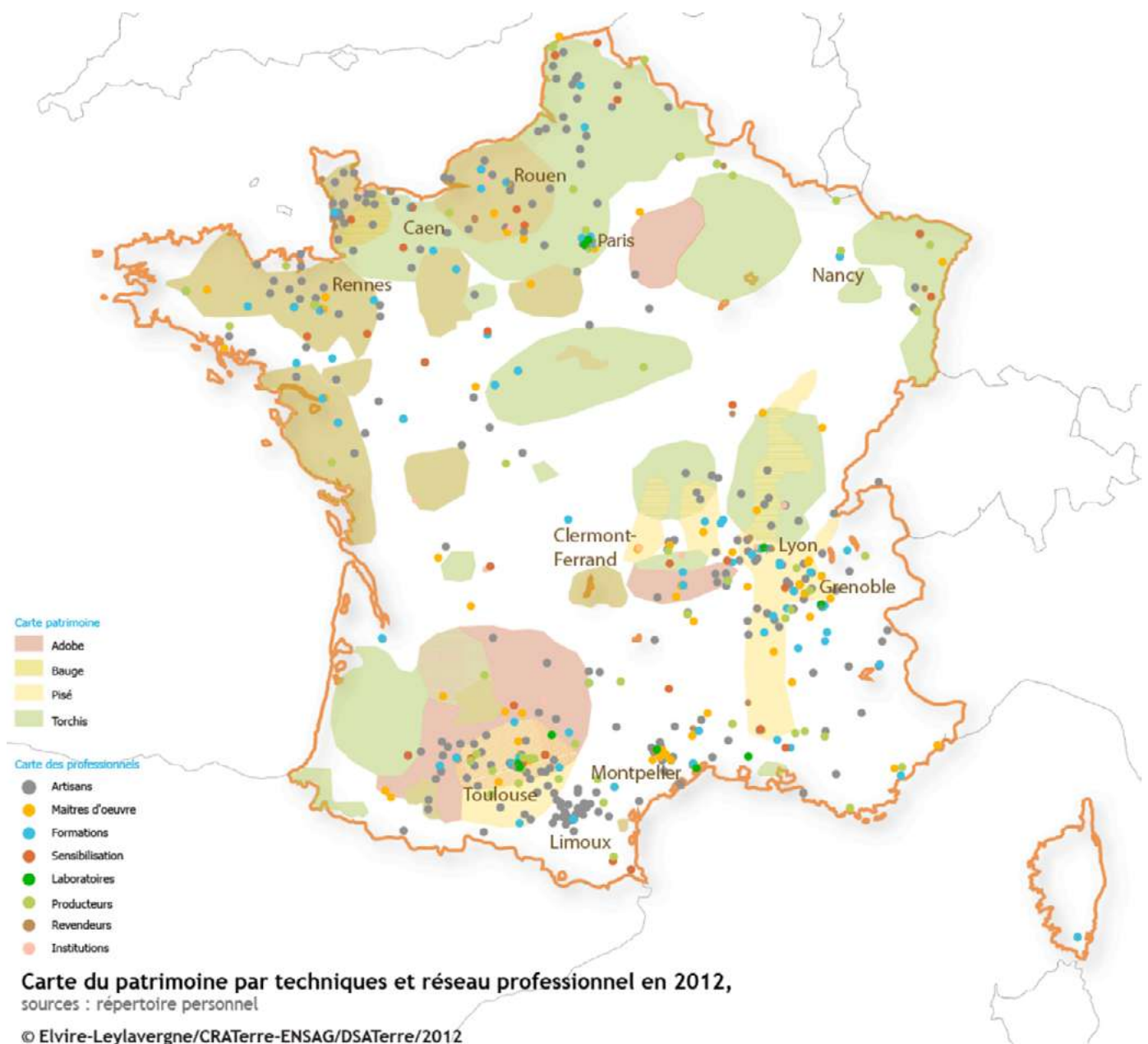
Comment construire en terre crue porteuse ?

La terre est issue de l'altération des roches sur un temps long, ce qui en fait une ressource non renouvelable et variable selon les situations géographiques, les climats, les spécificités géologiques et pédochimiques des sols.

La terre est l'un des premiers matériaux utilisés par les hommes pour construire.

La terre est un matériau naturel traditionnellement utilisé dans le monde entier pour bâtir. Plusieurs techniques se sont

développées dans différentes cultures avec des adaptations locales et architecturales. En France, 15% du patrimoine est construit en terre crue, c'est-à-dire sans aucun processus de cuisson du matériau avant mise en œuvre dans un bâtiment, ce qui représente plus de 2,5 millions de bâtiments, toutes techniques architecturales confondues.



*Une partie de ces volumes utilisés pour la bauge permettrait de construire
6 500 logements individuels uniquement en terre crue porteuse.*

Introduction - Contexte

Dans le Grand Ouest, la bauge est le procédé historiquement le plus utilisé. Il consiste en un mélange à l'état plastique (mouillé) de terre et de fibres végétales (paille, lin, chanvre...), modelé puis empilé sur des levées successives permettant la réalisation de murs porteurs. Cette technique est souvent « cachée » sous un enduit, elle peut être confondue avec le pisé, technique plutôt employée en Auvergne-Rhône-Alpes.

La Bretagne est l'une des deux régions françaises, avec la Normandie, qui a développé cette technique de la bauge : dans ce cas, la terre est utilisée comme matériau structural.

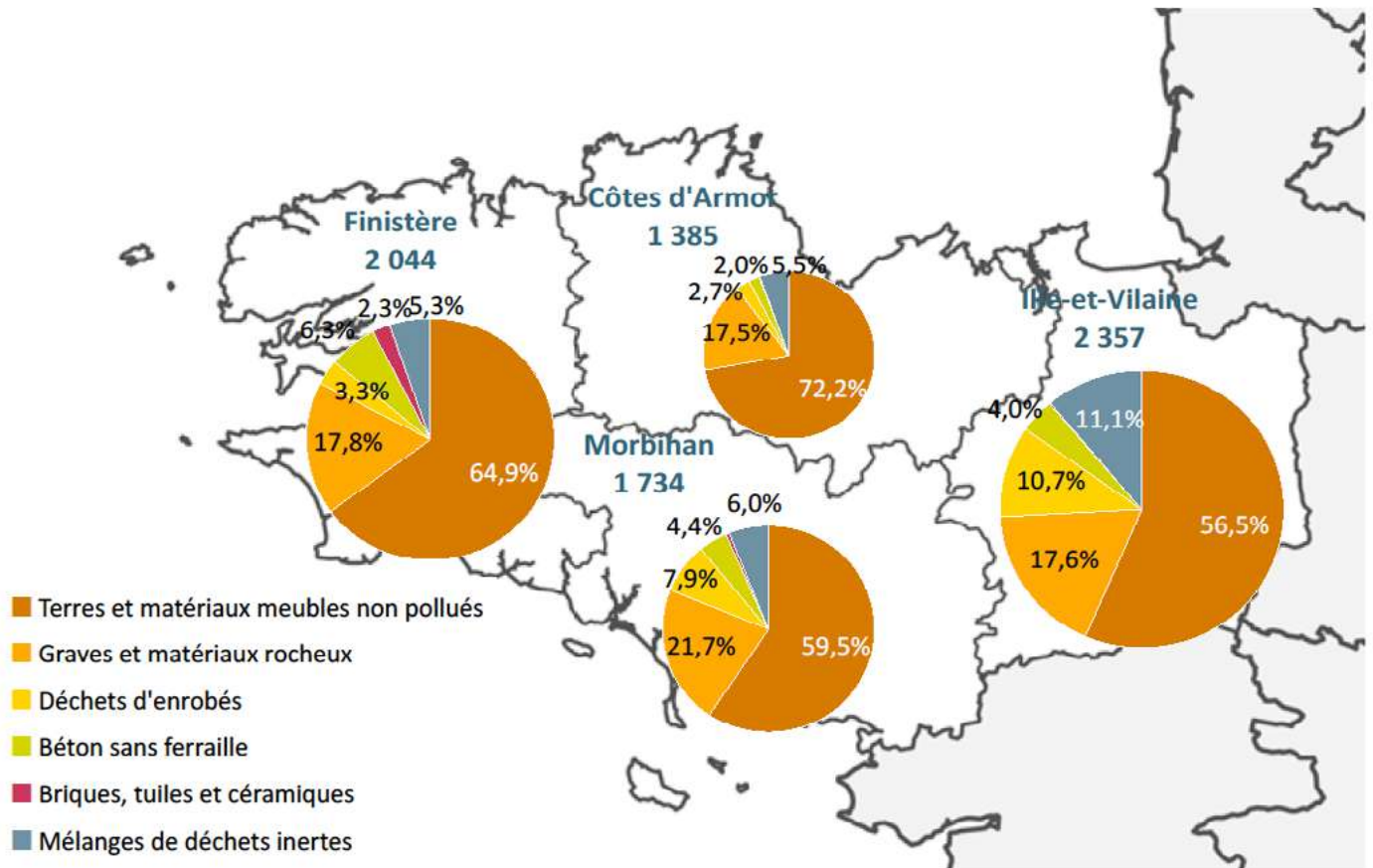
Les avantages de la construction en bauge :

- procédé de construction bas carbone ;
- bâtiment imputrescible ;
- la terre (sans liant hydraulique comme du ciment ou de la chaux) se recycle indéfiniment ;
- très bonne inertie, autant en été qu'en hiver ;
- ne nécessite aucun coffrage ni armature, grâce à la qualité plastique du matériau.

Malgré ces nombreuses qualités, il faut tenir compte de la difficulté de mise en œuvre, nécessitant une connaissance approfondie du matériau, ainsi qu'un facteur temps amplifié.

A l'heure actuelle, peu de constructions neuves sont mises en œuvre en bauge. Les opérations concernent majoritairement de la réhabilitation ou de la restauration. Cependant, des opérations neuves commencent à voir le jour pour des constructions de logements ou pour des murs intérieurs où la réglementation thermique en vigueur ne s'applique pas.

Un des axes pour l'approvisionnement réside dans l'utilisation d'excédents de déchets de chantier : les terres et matériaux meubles non pollués représentent une part importante du gisement de déchets TP en Bretagne d'après une étude réalisée par la Cellule Économique de Bretagne.



Source : Observation des "déchets et du recyclage" du BTP en Bretagne - Cellule Economique de Bretagne – août 2014

Généralités

Solidité de l'ouvrage et bureau de contrôle

Erwan Hamard - Université Gustave Eiffel et Mikael Laurent - BRUDED

Pour garantir le succès d'une opération, l'ensemble de la chaîne de décision « conception-mise en œuvre » doit être soudée autour de la volonté de réaliser un ouvrage en terre porteuse.

Le choix du bureau de contrôle est primordial pour la réussite du projet. Il importe de le recruter via un CCTP spécifiant la volonté de construire en terre porteuse, demandant des références et précisant les prestations demandées notamment en impliquant le contrôleur technique dès la phase esquisse. Le maître d'ouvrage pourra s'appuyer sur le Collectif des Terreux Armoriciens, sur une AMO spécialisée sur la terre pour rédiger ce CCTP ou sur des retours d'expériences de BRUDED.

Afin d'apporter au bureau de contrôle les preuves de la solidité de l'ouvrage :

- Pour un mur avec des ouvertures assez classiques, le bureau d'étude structure pourra se baser sur les guides des bonnes pratiques pour produire les éléments de calcul. Le guide fournit des chiffres de portance minimale d'un mur en bauge, reconnus par la profession.
- Pour un mur plus fin ou avec des ouvertures particulières, il peut s'avérer nécessaire de solliciter le concours d'un bureau d'étude ou d'un organisme de recherche spécialisé pour réaliser des essais avec la terre qui sera utilisée et valider un mode de calcul.

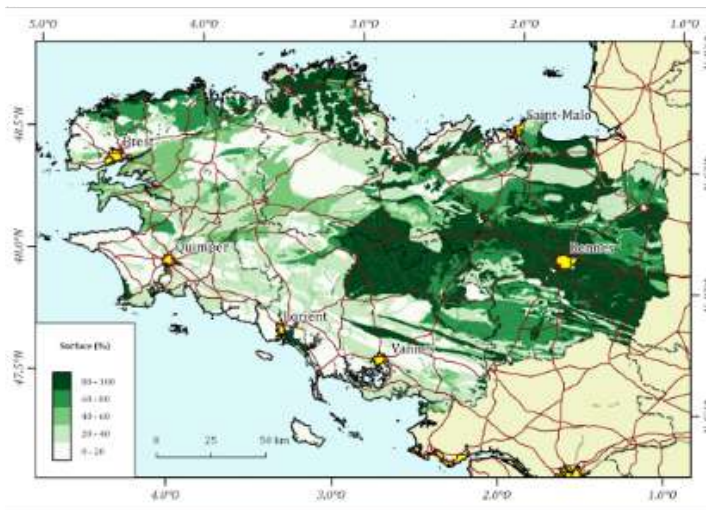
Type de terre et sélection de la ressource

Solenn Follézou - IAUR

La matière utile à la construction en terre crue présente généralement les caractéristiques d'un sol limoneux-argileux, situé sous la terre arable constitutive des 20 à 50 premiers centimètres de couche de sol. Le matériau est très hétérogène, ce qui signifie que la taille des grains, la couleur, la texture ainsi que la résistance et la sensibilité à l'eau changent en fonction de la nature des argiles.

La ressource de terres à bauge est abondante en Bretagne. Seul 0,03% du stock régional estimé à 23% [1], est utilisé par le patrimoine existant. Le matériau est aussi déjà disponible. En 2012, plus de 2,8 millions de tonnes de déchets terre issus de chantiers du secteur du Bâtiment et des Travaux Publics ont été mis en décharge. Or une partie de ces volumes, adaptés à la mise en œuvre de la bauge, permettrait de construire 6 500 logements individuels en terre crue porteuse, soit de répondre à environ 50 % des besoins [1] cette année-là. Par ailleurs, les terres excavées employées pour la construction de bâtiments permettraient de répondre aux objectifs de la loi de transition énergétique (2015) qui incite à la valorisation et au recyclage de 70% des déchets du BTP. La bauge est une technique de construction qui permet d'utiliser une importante quantité de terre.

[1] Proportion issue du croisement des données de Patrimoine de Bretagne et Sols de Bretagne. Voir E. Hamard et al., « A new methodology to identify and quantify material resource at a large scale for earth construction. Application to cob in Brittany », *Construction and Building Materials*, vol. 170, mai 2018, p. 485-497 ; en ligne : [sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061818305877](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061818305877)



Approvisionnement

Solenn Follézou - IAUR et Erwan Hamard - Université Gustave Eiffel

L'approvisionnement en matière première s'effectue dans une démarche d'économie circulaire, souvent sur le site du chantier lui-même ou à partir d'une opération d'extraction de terres situées à proximité. Chaque gisement possède des caractéristiques spécifiques, et les professionnels sélectionnent la ressource en fonction des objectifs des constructions en réhabilitation ou neuf. En amont d'un projet, il est conseillé de s'informer et de faire appel à l'expertise des artisans dès la phase d'étude de sol.

S'il s'agit d'un projet d'ampleur qui génère des volumes de déblais importants, l'analyse du potentiel technique des terres doit intervenir le plus en amont possible, idéalement au moment de l'étude géotechnique, afin d'identifier les couches de terres convenables et de les prélever pour les faire étudier par un maçon expert. Ceci permet de mettre en place un plan d'excavation adapté à la mise en réserve des terres jugées comme convenables.

S'il s'agit d'un chantier qui ne générera que peu de terres de déblais, alors une prospection des stocks de terres de déblais disponibles sur les chantiers avoisinants peut être confiée à un maçon expert. Le matériau étant considéré comme un déchet, la loi interdit les transactions financières et le matériau sera donc cédé gratuitement par le producteur du déchet. Il faudra néanmoins prendre en compte les différentes étapes (transport, stockage, calibrage, séchage, adjuvantation, recyclage, élimination...) dont l'impact dans une opération est à considérer (économique, environnemental, etc.).

Généralités

Nature de la technique

Erwan Hamard - Université Gustave Eiffel

La terre est un matériau naturel et donc variable par nature. Chaque terre dispose de propriétés particulières qui impactent la facilité de sa mise en œuvre vis-à-vis de chaque technique et donc le coût de construction. La conception d'ouvrages à partir d'un catalogue de produits prêts à l'emploi n'est donc pas possible lorsqu'on souhaite valoriser des terres de déblais. Pour que cette valorisation soit possible, il est nécessaire d'identifier le gisement en amont de la conception du bâtiment et d'en analyser les potentialités techniques en se faisant accompagner par un spécialiste de la terre crue.

Construire un mur monolithique en terre crue, la technique de la bauge

Yoann Boy - Atelier ALP

Un mur en bauge est construit en empilant des boules ou des paquets de terre malléables. On dit des murs épais obtenus qu'ils sont monolithiques.

Les outils utilisés sont ceux du monde rural, ils attestent du premier caractère paysan de cette culture constructive. De nos jours, la technique a peu évolué ; parfois des banches sont utilisées pour limiter les opérations de dressage du mur et le malaxage peut être mécanisé.

En premier lieu, le mélange de terre et de fibres végétales - de la paille généralement - est malaxé à l'état plastique. Ces boules sont façonnées au sol et lancées au maçon debout sur le mur qui les agrège. Elles sont alors triturées afin de se fondre en une structure monolithique.

Le mur encore frais peut être battu avec un bâton pour refermer les fissures et compacter les faces extérieures, c'est l'opération du triquage. Si les faces sont irrégulières, elles sont découpées à l'aide d'un outils tranchant nommé paroir. Ces opérations de mise en forme dépendent des types de finitions voulues : bauge coffré, par élément, redécoupé, triqué...(liste non exhaustive).

Pour la technique de la bauge banchée, les banches sont utilisées pour maintenir les boules de terre empilées. Cette technique permet de s'affranchir de deux opérations de finition à savoir le triquage et le passage du paroir. En effet, lors de la dépose des banches, au moment du décoffrage, le mur monolithique est dans son aspect brut, rectiligne, il n'est pas nécessaire de le travailler plus pour lui donner forme. Cette mise en œuvre permet de gagner en temps.

Il faut procéder en plusieurs couches de 50 à 80 centimètres appelées «levées».

Après séchage, cette étape est répétée jusqu'à l'obtention de la hauteur de mur désirée.



(c) ÉURL Brocéliande éco maçonnerie

Retours d'expériences

Terre porteuse



©BRUDED

MOA : Commune de Saint-Juvat (22)
MOE : Loïc Daubas et ENSAB (35)

La discussion entre Loïc Daubas, architecte et intervenant pédagogique à l'ENSAB, et Dominique Ramard, le maire de la commune, amène à concevoir un projet pédagogique avec les étudiants en architecture autour de la construction de la salle des maîtres. De septembre à décembre 2019, les étudiants sont sensibilisés aux techniques de construction avec des matériaux locaux puis initient un voyage au Bénin où ils découvrent les techniques de construction en terre. Issu de travaux en ateliers, le projet architectural retenu par la municipalité consiste à créer une salle de 30 m², en déport du bâtiment principal de l'école. La construction, encadrée par des professionnels, démarre en 2020 : elle est réalisée sur une dalle chaux, avec un sol en tommettes. Les murs sont montés en bauge sur un soubassement en pierre, avec un enduit intérieur terre-chanvre. Le toit plat isolé en ouate de cellulose sera recouvert d'une toiture double-pentes en ardoises.



[Lien vers la fiche
projet](#)

MOA : Commune de Tinténiac (35)
MOE : 10i2la (35)



[Lien vers la fiche
projet](#)

La maison du réemploi, présente sur le site de la déchetterie de Tinténiac est construite avec des matériaux locaux, en partie, comme les murs de 40 cm de large en terre (bauge coffrée) prise sur le site, et en paille. L'isolation intérieure est faite avec du Métisse® – issu du recyclage de fibres de coton collecté via les bornes «Le Relais» – et de la ouate de cellulose de l'usine Cellaouate à Morlaix qui recycle du papier journal. On y trouvera des rayonnages pour y déposer distinctivement : vaisselle, livres, jouets, articles de sport comme des vélos, des trottinettes...

La maîtrise d'oeuvre du projet a été confiée par le SMICTOM d'Ille et Rance à l'Atelier d'Architecture Bâti'récup, au cabinet d'architectes 10i2LA et au bureau d'études GIRUS GE.

Mur en bauge coffrée



MOA : Commune de Trévérien (35)
MOE : Guinée Potin Architectes (44)

Mur trombe



Le projet tire parti des éléments qualitatifs du site environnant pour constituer un lien entre ce qui existe et ce qui est en devenir. L'ancienne Ecole-Mairie, qui comprenait les classes maternelles et la cantine. Cependant, les extensions successives sont autant d'appendices disgracieux sur les ensembles en pierre patrimoniale, celle-ci faisant perdre de la lisibilité à l'entité du « groupe scolaire ». Ainsi, le projet propose de redonner une identité lisible à l'ensemble architectural existant et créer une extension qui viendrait faire lien avec le tissu construit, en marquant de nouvelles limites. Des murs trombes en terre crue mis en oeuvre au droit du mur rideau dans les classes jouent le rôle de chauffage passif par effet de serre en hiver.

Abibois

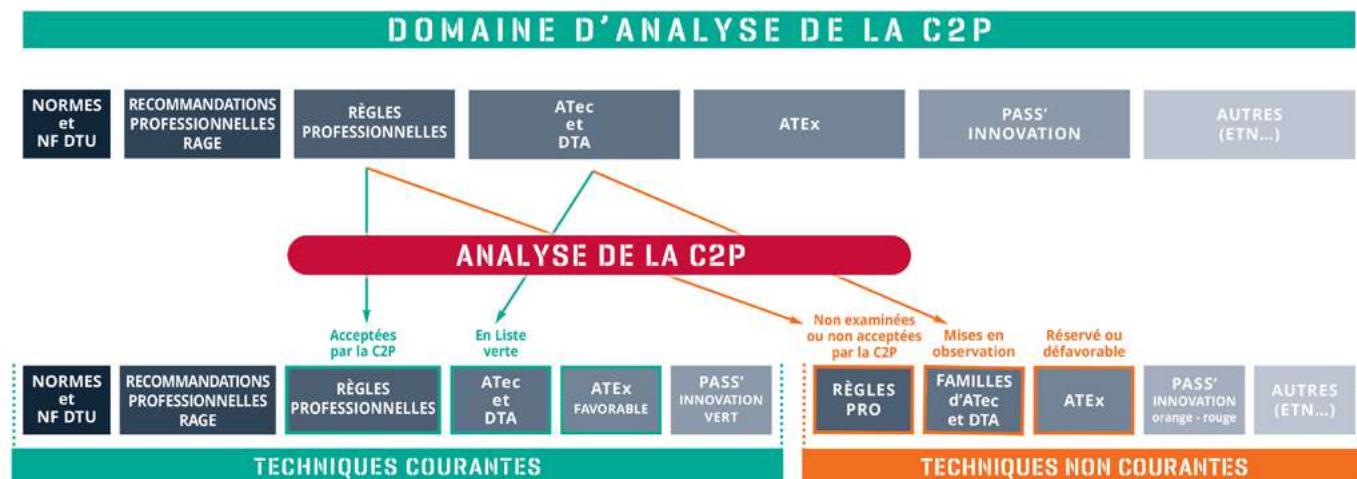
[Lien vers la fiche
projet](#)

Réglementation - Normes

Réglementation

Emilie Roch-Pautet - AQC

Les seuls référentiels reconnus comme techniques courantes sont les NF DTU, les Recommandations professionnelles RAGE, les Règles professionnelles acceptées par la C2P et les Avis techniques/Documents Techniques d'Application en Liste verte de la C2P.



Les « Guides des bonnes pratiques terre crue » donnent des lignes directrices pour la mise en œuvre des techniques de la terre crue, mais ne constituent pas un référentiel en technique courante. Cela signifie qu'il est vivement recommandé aux constructeurs souhaitant soit prescrire, soit mettre en œuvre de la terre crue, de se rapprocher de leur assureur pour connaître les conditions de prise en charge de la garantie décennale.

Guide des bonnes pratiques (bauge et adobe)

Solenn Follérou - IAUR et Corentin Mouraud - CTA

Les possibilités de mise en œuvre de terre crue à l'intérieur et à l'extérieur d'un ouvrage sont multiples. Les Guides de bonnes pratiques de la construction en terre crue, dont celui sur la bauge et les Briques de Terre Crue, ont été rédigés par les réseaux de professionnels régionaux fédérés nationalement dans un comité de rédaction comprenant : Collectif Terreux Armoricaains, Tera, ARPE, ARESO, ASTerre, Ecobâtir, FFB, Capeb, MPF, FedeSCOP et soutenus par le Ministère de l'Écologie du Développement Durable et de l'Énergie, de la DHUP, Direction de l'Habitat de l'Urbanisme et du Paysage. Ils regroupent les pratiques faisant consensus pour la réalisation et la restauration de bâtiments et peuvent être diffusés gratuitement et librement auprès des assureurs et des bureaux de contrôle afin de faciliter l'assurabilité des ouvrages.

Ils sont accessibles et téléchargeables en accès libre sur le [site du Collectif Terreux Armoricaains](#).



Tests, essais mécaniques et murs tests

Erwan Hamard - Université Gustave Eiffel

Il existe de nombreux essais de caractérisation des terres, ainsi que des chartes de convenance pour les différentes techniques de construction en terre crue. Cependant, aucun de ces essais ni de ces chartes ne permettent de prédire les performances (mécaniques, acoustiques, hygrothermiques, feu...) des éléments d'ouvrages. L'entreprise de travaux engageant sa responsabilité juridique et assurantielle, c'est à elle seule que revient le choix du procédé de mise en œuvre, et non à un laboratoire. Les essais de caractérisation des terres sont peu utiles et, s'ils devaient être prescrits, ils doivent être limités à une pré-analyse de la potentialité de valorisation d'une terre.

Si les informations fournies dans les Guides de Bonnes Pratiques n'étaient pas suffisantes, des essais peuvent être réalisés à la demande du maître d'ouvrage ou du bureau d'étude afin de mesurer la performance des éléments d'ouvrage produits sur le chantier.

Réglementation - Normes

FDES en prévision

Corentin Mouraud - CTA et Yoann Richard - Egis Bâtiment

La future RE2020 prendra en compte l'impact environnemental des matériaux et des procédés de construction. Cela requiert de mener des études ACV (Analyse du Cycle de Vie) sur tous les éléments composant les bâtiments. Ces analyses permettent de produire des Fiches de Déclarations Environnementales et Sanitaires (FDES).

Ces FDES sont aujourd'hui l'objet de toutes les attentions car elles définiront demain la qualité « environnementale » d'un produit du bâtiment ou d'une technique constructive et orienteront le choix du mode constructif.

La réalisation d'une FDES nécessite entre 15 et 30 k€ selon l'ampleur du travail à fournir pour l'inventaire de cycle de vie. Ce coût est aujourd'hui financé par les producteurs de matériaux. Cela forme une barrière difficilement franchissable pour la construction en terre crue et pour tous les professionnels travaillant à partir de matériaux locaux peu transformés, qui ne perçoivent pas de revenus sur la production des matériaux.

De plus, une FDES est conçue pour couvrir un seul mode constructif. Or, la terre crue propose une grande diversité, à la fois de techniques constructives (bauge, torchis, adobe...), mais aussi de savoir-faire et de pratiques de chantier (transport de la matière, variation des modes constructifs, mécanisation plus ou moins poussée...). La terre crue permet tout à la fois de travailler sur l'isolation ou l'inertie, le remplissage ou le porteur, de la finesse et des courbes ou du brut. La terre oblige à s'adapter à la ressource, mais aussi à répondre au plus près du besoin du constructeur. C'est d'ailleurs de cette diversité que provient la richesse de la construction en terre crue, qui façonne les paysages différemment selon les territoires.

La Confédération de la Construction en Terre Crue a engagé des travaux sur ce sujet grâce à la mobilisation bénévole de plusieurs professionnels. Elle a sollicité une analyse de sensibilité au CSTB afin d'évaluer les paramètres ayant le plus fort impact environnemental. Il apparaît que c'est de très loin le transport de la terre, brute ou transformée, qui est le paramètre le plus sensible.

Les pratiques des entreprises peuvent aller de la préfabrication d'éléments de plusieurs tonnes et de leur transport sur des centaines de km, à la transformation sur site et sans machine. L'écart sur l'impact environnemental est énorme. La terre crue peut en effet avoir un bilan carbone à 100 ans proche de 0, voire inférieur à 0 si le mélange incorpore des fibres ou granulats biosourcés.

La prochaine étape est la production de FDES collectives, financées notamment avec l'aide la Région Bretagne et du Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire. La complexité du travail est de réussir à faire rentrer la diversité de la terre crue dans seulement quelques FDES basées sur des impacts environnementaux moyens.

Ces FDES s'appuieront sur des données moyennes de chantiers réels pour fixer certains critères, notamment celui de la limitation du transport de la terre. Ces FDES, regroupées par techniques constructives, devraient être publiées courant 2021.

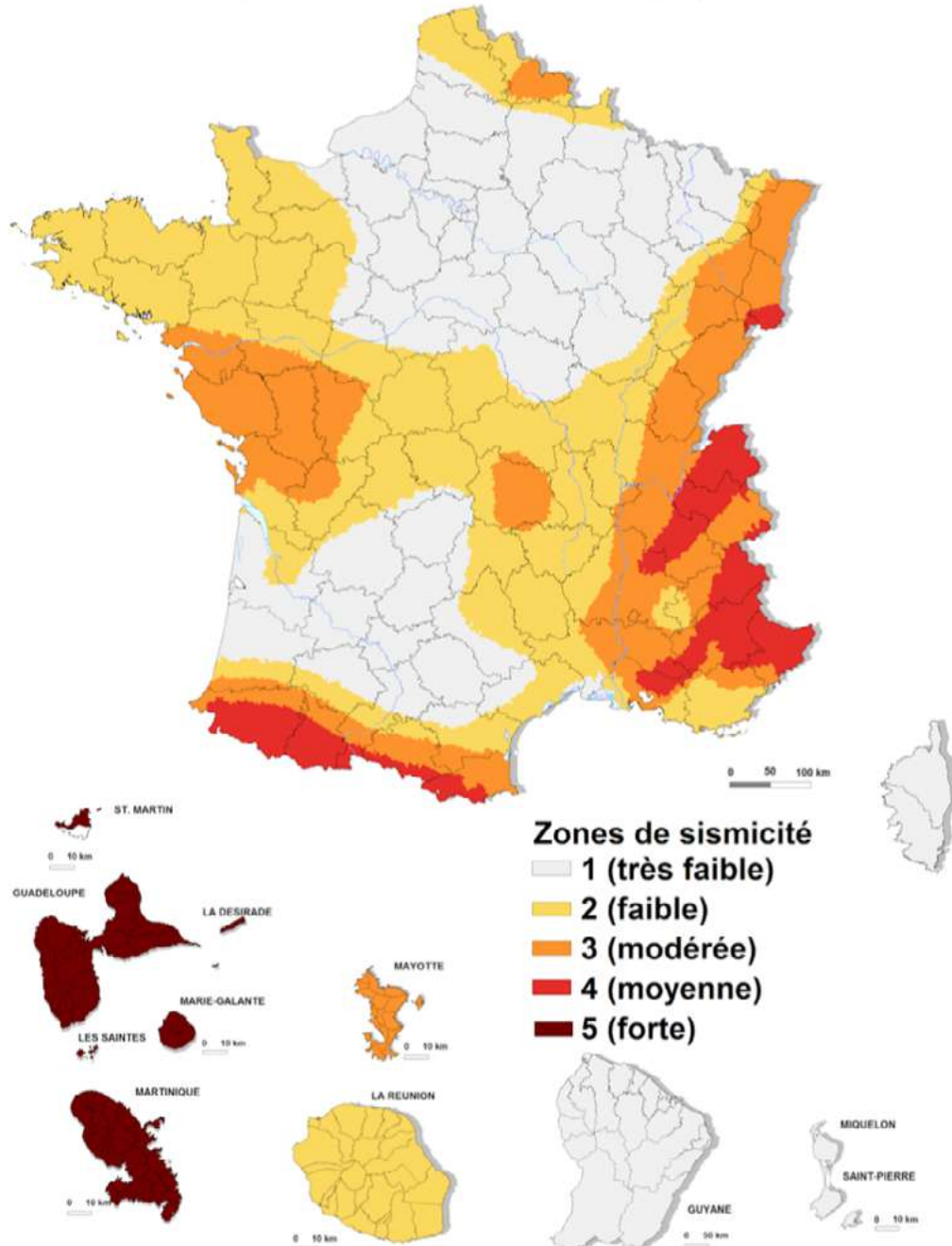


Normes et conception parasismique en terre crue

Mathieu Lamour - CTA



Zonage sismique de la France
 en vigueur depuis le 1er mai 2011
 (art. D. 563-8-1 du code de l'environnement)



Les éléments en terre crue (blocs ou monolithiques) présentent des comportements mécaniques de même nature que les autres matériaux maçonnés, tels que la terre cuite et le béton : ils travaillent principalement en compression et, sous les effets de charges sismiques (solicitations horizontales cycliques), présentent des mécanismes de rupture fragile et de faibles résistances en traction et en cisaillement (ils ne doivent donc pas être sollicités en flexion).

En France, l'Eurocode 6 (EC6) et l'Eurocode 8 (EC8) peuvent être utilisés pour le dimensionnement d'ouvrages en maçonnerie en zone sismique (le DTU 20.1 ne pouvant s'appliquer dans ce cas). L'EC8 établit des règles et méthodes de calcul s'appliquant à des murs de maçonnerie non armée, armée et chaînée (confinée). Les principes des EC6 et EC8 s'appliquent à tous les types de maçonneries.

FOCUS

Des analyses simplifiées (méthodes de justification (1) pour les « bâtiments simples en maçonnerie » et (2) de dimensionnement par les forces latérales) sont applicables dans le cas du respect d'un certain nombre de règles et dispositions constructives. Celles-ci visent notamment à assurer la régularité en coupe et élévation des masses et rigidités, ainsi que des liaisons des parois verticales et horizontales entre elles, en particulier aux angles. Les planchers doivent assurer une fonction de diaphragme et transmettre les charges aux murs verticaux, dont une grande partie doit assurer le contreventement. En zone sismique, préserver l'intégrité de murs porteurs en maçonnerie (dans et hors plan) est nécessaire, puisque l'effondrement d'un élément peut provoquer une « réaction en cascade ». Les contreventements répondent donc à des règles précises (élancement, épaisseur, répartition, longueur, continuité, etc.). En cas de non respect de ces règles, une analyse modale est nécessaire. À ce jour, les renforcements considérés pour tout type de maçonnerie dans l'EC8 sont le plus souvent réalisés avec des armatures et des éléments en béton armé : des chaînages périphériques continus en acier sont aussi possibles.

En zone de faible sismicité (ce qui est le cas de la Bretagne), des règles simplifiées peuvent être appliquées, qui définissent notamment de moindre résistance minimale des blocs de maçonnerie, épaisseur minimale des murs, longueur cumulée des murs de contreventement et permettent de travailler avec des systèmes à capacité de dissipation limitée et des maçonneries non armées (selon l'EC6-3), allégeant ainsi les procédures de dimensionnement sismique.

La récente publication de l'ATEx n° 2588[1] (2018), faisant suite à la norme expérimentale XP P 13-901, vient ouvrir des perspectives quant à l'utilisation de terre crue en zone sismique modérée (cas de différents départements de l'Ouest de la France – hors Bretagne). Dédié pour le moment aux BTC en maçonnerie chaînée verticalement et horizontalement, et applicable aux ouvrages situés dans le département de Mayotte, le texte permet le recours aux formules de calcul définies dans l'EC 6 pour les maçonneries du groupe 1 (éléments pleins ou constitués de trous), et impose une résistance minimale à compression de 4 MPa, un coefficient de comportement $q=1.5$, un élancement maximum des murs de 15, une épaisseur minimale de 15 cm, et définit les règles relatives aux plancher diaphragmes, contreventements et chaînages. Le texte prévoit 2 étages maximum pour la terre porteuse, mais s'applique aux catégories I à III, ERP compris. Il est précisé qu'une note de calcul réalisée par un bureau d'études spécialisé est obligatoire. Des règles moins strictes y sont définies pour les BTC non porteurs.

En cas de réhabilitation, de manière générale, une dizaine de techniques permettent le renforcement structurel (post-tension, renforcements internes ou externes - treillis soudés, armatures déformables en bois, acier, bambou - isolation sismique, etc.). Il s'agit dans tous les cas de réduire la demande sismique à la base ou d'accroître la réponse sismique de la structure. L'EC8-3 définit des critères d'évaluation de la performance sismique des constructions existantes et de dimensionnement pour leur mise à niveau. Toutefois, les solutions constructives de mise à niveau parasismique doivent prendre en compte les spécificités des différents matériaux (raideur, ductilité) et la compatibilité de leur comportement (déplacements latéraux par exemple). Plus particulièrement, le comportement mécanique de la terre crue est peu compatible avec la rigidité de matériaux comme le béton armé. Ce contraste de rigidité peut être à l'origine de pathologies importantes.

Enfin, les propriétés de la terre crue – notamment hygrothermiques et mécaniques - dépendent de différents paramètres, dont le type de sol (argiles, granulométrie), les fibres utilisées dans la formulation (teneur, type, dimensions) et la teneur initiale en eau. La résistance en compression est divisée par 2 en cas de risque d'humidification (ATEx n° 2588). La présence de fibres, quant à elle, permet de réduire la masse volumique du nouveau matériau composite, mais surtout de développer de la ductilité, et lui confère de meilleures aptitudes à flexion et traction généralement.

[1] ATEx=Appréciation Technique d'expérimentation. Il s'agit d'un ATEx de type « a », qui vise donc un produit ou un procédé appliqué sur différents chantiers pendant une durée limitée déterminée (durée de validité jusqu'au 31 mai 2021 dans le présent cas). Pour information, un ATEx de type « b » concerne un projet de réalisation identifié (application d'une technique constructive sur un chantier précis à réaliser).

Rédiger mon CCTP

Yoann Boy - Atelier ALP et Corentin Mouraud - CTA

Généralités

Pour chaque technique de mise en œuvre de la terre crue, on distinguera une partie du CCTP, terre crue porteuse, terre crue en remplissage, blocs de terre, briques de terre, enduit, etc.

L'ensemble des pièces écrites doit faire référence au Guide de Bonnes pratiques terre crue en lien avec les techniques décrites au CCTP (voir rubrique page 7).

La prise en compte de ces documents est indispensable dès la conception du projet et lors de la rédaction des pièces écrites.

Points essentiels à retenir

- La question de l'approvisionnement en ressource est primordiale : terre d'excavation du chantier ? terre de déblais de proximité ? La ressource doit être disponible en quantité et dans un périmètre proche, le transport étant un paramètre limitant majeur pour la pertinence de l'emploi de la terre crue dans le projet (coût, impact environnemental, etc.).
- Le stockage de la terre crue sur ou à proximité directe du chantier est à anticiper. L'immobilisation de la terre sur la parcelle entre les opérations de terrassement et la mise en œuvre peut contraindre un plan d'occupation du chantier.
- La bauge est une technique constructive dite à saisonnalité. Il faut prendre en compte ce paramètre dans la gestion du chantier en privilégiant les périodes printanières, voire automnales.
- Un professionnel référent de la construction terre doit intervenir en amont de toute étude pour valider la ressource identifiée comme constructible et approcher à quelle type de mise oeuvre la terre retenue peut servir.
- Le choix du mélange et de la formulation de la terre (limité autant que possible) revient à l'entreprise titulaire du lot.
- Avant la mise en œuvre, un premier niveau d'essai peut être exigé soit par un essai mécanique sur un élément de construction, soit sur un mur test dans les projets porteurs et/ou d'envergure.
- Si nécessaire, des tests approfondis pourront être réalisés en laboratoire à la demande de l'entreprise ou de la maîtrise d'ouvrage.
- La mise en œuvre dépendra quant à elle de la technique retenue au marché de travaux par la maîtrise d'œuvre. Pour cela, se reporter aux Guides de Bonnes pratiques terre crue.

Marché de travaux

Les ouvrages en terre crue peuvent être assignés à un lot propre « maçonnerie de terre crue ». Toutefois, il est préférable de les intégrer au lot Maçonnerie gros œuvre dans un chapitre particulier. L'entreprise titulaire du lot cherchera alors à intégrer les compétences et savoirs faire en co-traitance ou en sous-traitance.

Généralité du CCTP

Mettre en avant les Guides de bonnes pratiques terre crue.

Exiger des références, des formations ou une expertise pour l'entreprise titulaire ou l'entreprise en sous-traitance.

Souligner la saisonnalité de la mise en oeuvre des techniques terre crue (gestion des intempéries, du gel, des temps de séchage et protections diverses aux agents extérieurs).

Toutes les réservations demandées par les différents corps d'État au lot mettant en œuvre la terre crue devront être indiquées en amont sur les plans d'exécution liés. Aucune demande de réservation ne peut être tolérée sur le chantier.

L'entreprise titulaire du lot devra s'attacher à prendre en compte la saisonnalité de la technique mise en œuvre dans l'organisation du chantier. Elle devra faire remonter à la maîtrise d'œuvre toutes remarques à ce sujet.

Choix du matériau

Le choix du matériau est à la responsabilité de l'entreprise, selon les principes décrits aux Guides de bonnes pratiques de la construction en terre crue.

La maîtrise d'ouvrage s'assure que le matériau terre est un matériau inerte.

C'est l'entreprise qui réalisera les derniers essais de terrain dont les résultats doivent être communiqués à la maîtrise d'œuvre

Rédiger mon CCTP

d'exécution. Les échantillons tests doivent être validés par la maîtrise d'œuvre d'exécution. La double validation par l'entreprise et une personne extérieure qualifiée (maçon expert indépendant de l'entreprise titulaire, maîtrise d'œuvre d'exécution, bureau d'étude etc.) est indispensable.

Le matériau choisi devra être inerte et considéré comme un déchet. La terre sélectionnée sera extraite du chantier ou d'un chantier alentour. Ce choix est à la charge de l'entreprise.

Un test chantier devra être réalisé en amont de l'intervention par l'entreprise titulaire pour présenter les qualités du matériau, vérifier des points de détails/liasons avec d'autres parties de l'ouvrage, à l'image des « échantillons de chantier ».

Travaux préparatoires/protection

Les ouvrages en terre crue sont sensibles aux intempéries, ce point doit être abordé dans le descriptif.

Les modalités d'équipement pour la mise en œuvre de la terre crue sont à prendre en compte lors de la passation des marchés (échafaudages, banches etc.), l'entreprise titulaire est la mieux à même de savoir quel équipement lui convient et à quel moment.

Toutes les mesures de protections des ouvrages avant, pendant et après leurs réalisations devront être mises en œuvre. C'est l'entreprise titulaire du lot qui indiquera à la maîtrise d'œuvre d'exécution ses besoins. Si des solutions peuvent être mutualisées avec d'autres lots, c'est bien l'entreprise titulaire qui a à sa charge les protections et toutes les sujétions liées.

Lors des fortes chaleurs d'été devront être prévues au marché les protections adéquates pour maîtriser les process de séchage propres aux techniques mises en œuvre.

Préparation du mélange

Dans le mélange de terre et d'eau, il sera intégré des fibres végétales, mais aucun liant hydraulique (type chaux ou ciment). Les adjuvants d'origine naturelle sont autorisés (végétale ou minérale).

Le mélange et sa teneur en eau devront être optimaux afin de limiter au maximum retrait et tassement.

L'optimisation de la méthode de réalisation de ce mélange est laissée libre à l'entreprise, toutefois celle-ci devra tenir compte de l'environnement et de l'espace nécessaire à la réalisation du mélange.

Mise en œuvre/qualités de l'ouvrage.

Les murs seront réalisés en bauge par levées successives. L'entreprise devra s'assurer du séchage suffisant entre chaque levée pour pouvoir mettre en place la levée suivante sans risque d'affaissement.

Les levées de bauge pourront être coffrées ou parées selon la méthode choisie. Dans tous les cas, les fissurations devront être limitées, un triquage pourra être réalisé si besoin.

Les éventuelles fissures importantes devront être soigneusement rebouchées par l'entreprise au mortier de terre crue fibré.

Lors de la conception, une attention particulière sera portée sur les points de contact entre les éléments en bauge et les autres éléments de l'ouvrage. Les phénomènes de tassement différentiel devront être pris en compte et anticipés. L'entreprise titulaire devra signifier à la maîtrise d'œuvre tous risques liés et être force de proposition.

Ressources

Bibliographie

12 enseignements sur les matériaux bio-sourcés / AQC

Construction et réhabilitation en terre crue : points de vigilance / AQC / Mars 2019

Guide des matériaux pour une construction plus durable / Rennes métropole, IAUR / 2019

Briquetterie / Association T.E.R.R.E / 2019

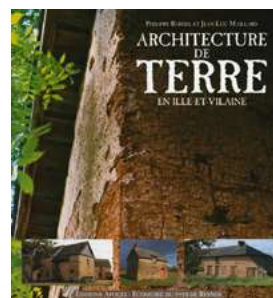
Les filières des matériaux biosourcés en Bretagne / Cellule économique de Bretagne / 2015

Traité de construction terre / CRAterre / Parenthèses / 2006

Construire en terre crue / Röhlen Ziegert / Editions Le Moniteur 2013

Architecture de Terre en Ille-et-Vilaine / Philippe Bardel et Jean-Luc Maillard / Editions Apogée / 2002

L'architecture de bauge en Europe / Parc naturel du marais du Cotentin et du Bessin / Les Ponts d'Ouve / 2007



Webographie

- RESECO (commande publique durable) [Lien RESECO](#)
- Teiz Breizh

Contacts - Annuaire

Pour plus d'informations et un accompagnement à la prescription vous trouverez quelques contacts :

Collectif Terreux Armoriciens (Grand Ouest) | [Informations](#)

Université Gustave Eiffel | [Informations](#)

IAUR | [Informations](#)

Accroterre | [Informations](#)

ARPE Normandie | [Informations](#)

Chantier! (Pays de Redon) | [Informations](#)

Parc naturel du marais du Cotentin Bessin (en Normandie) Architecture en terre | Parc des Marais du Cotentin (parc-cotentin-bessin.fr) | [Informations](#)

Centre de formations :

Noria et compagnie | [Informations](#)

Eclis | [Informations](#)

Ecobatys | [Informations](#)

Au niveau National

Asterre | [Informations](#)

Confédération de la Construction de la Terre Crue

Demandez à être référencé dans l'[Annuaire des professionnels](#) travaillant avec des éco-matériaux en Bretagne

Action collective animée par Réseau Breton Bâtiment Durable

*Dans le prochain
numéro*

*La terre crue
et le confort*

Participez à la rédaction du prochain numéro !

Dans le cadre du Plan Bâtiment Durable Breton, il a été proposé de développer une publication collaborative pour faciliter la prescription des éco-matériaux dans les marchés publics.

N'hésitez pas à nous solliciter pour contribuer aux prochains numéros en contactant le Réseau Breton Bâtiment Durable :

Clémence Chevalier
Chargée de mission

Réseau Breton Bâtiment Durable
23 Rue Victor Hugo
35000 Rennes



07 67 89 11 78



c.chevalier@reseau-breton-batiment-durable.fr

www.reseau-breton-batiment-durable.com



@ReseauBretonBD

Partenaires de
nos actions :



Membre du Réseau
Bâtiment Durable :



Rédacteur en chef : Réseau Breton Bâtiment Durable

Cette publication est issue d'un travail collectif porté par Abibois, la CAPEB, BRUDED, Egis Bâtiments et animé par le Réseau Breton Bâtiment Durable.



Yoann Richard



Mathilde de Matteïs



Mikael Laurent



Audrey Borgeais



Clémence Chevalier

- ▶ **Quels matériaux sont concernés ?** Les matériaux retenus pouvant faire l'objet d'une thématique sont les matériaux biosourcés (algues, bois, chanvre, paille, roseau,...), les matériaux issus du recyclage (ouate de cellulose et textile recyclé), la terre crue et des composites à base de matériaux bio-sourcés.
- ▶ **Le choix des thématiques** est fait par le groupe de travail en fonction de l'actualité et du contenu disponible.