
Réemploi et construction terre crue

Cours dispensé le 23/02/2024 par Romane Lavoine et Antoine Pelé-Peltier aux 12 étudiant·e·s de l'option Ingénierie des low-tech (projet WELOW) à l'Ecole Centrale de Nantes, et aux élèves de l'option MATEPRO.

Document rédigé par les étudiant·e·s sur base de leurs notes prises durant l'intervention.

Table des matières

Romane Lavoine : Réemploi, matière à construire	3
Romane Lavoine	3
Introduction	3
Définition du réemploi	3
Définition	3
Enjeux	3
Les étapes d'un projet circulaire	4
Etapes	4
Principaux freins	4
Antoine Peltier : La terre : ressource-déchet d'avenir ?	5
Contexte	5
Matériau ancestral	5
Matériau moderne	5
terre à bâtir	5
Diversité des techniques : exemple ici en France	5
Pisé	6
Bauge	6
Adobe	6
BTC	6
Torchis	6
Diversité d'usages	6
Comment ça tient ?	6
Influence de l'eau :	7
Principe de conception	7
Avantages	7
Et demain ?	7

Romane Lavoine : Réemploi, matière à construire

Romane Lavoine

- diplômée architecte (ENSA) - ingénieure (ECN : MATEPRO)
- stage fin d'étude chez RotorDC (belge, déconstruction et vente de matériaux de réemploi)
 - développer outils open source pour faciliter réemploi
- aujourd'hui chez R-USE, cheffe de projet économie circulaire
- en parallèle a été dans la direction du SPREC (syndicat pro du réemploi dans la construction)

Introduction

- Aujourd'hui secteur construction produit 240 Mt chaque année
- représente la moitié des matières premières extraites et acheminées vers l'Europe
- matériaux construction = 10-20% de l'empreinte carbone d'un bâtiment sur son cycle de vie
- actuellement il y a réglementation européenne donne objectif de 70% masse de matière réemployée/recyclée/valorisée (c'est un objectif mais il n'y a pas de mesures de contrôle...)
- en France loi AJEC : obligatoire de réaliser
 - diagnostic PEMD (Produit Equipement Matériaux Déchets) qui favorise ainsi le réemploi
 - et tri à la sources de 7 flux de déchets (verre, déchets inertes, plastique, bois, plâtre, cartons, +?)
- aussi la REP : écotaxe payée pour matériau neuf, en faveur du réemploi
 - objectif 2028 : 5% des matériaux réemployés
 - * les organismes disent que cet objectif est inatteignable, le SPREC essaie de montrer qu'il est atteignable
- RE2020 : réglementation environnementale : *“les composants réemployés sont considérés comme n'ayant aucun impact carbone, les valeurs des impacts pour tous les modules du cycle de vie sont donc nuls.”*
 - ce zéro est scientifiquement pas exact, on n'est pas en mesure de le calculer, mais il incite à réemployer

Définition du réemploi

Définition

Fait de remettre en oeuvre un matériau de construction, même usage ou détourné, sans transformer la matière.

A différencier du maintien en place (préférable au réemploi), du recyclage, et de plusieurs autres cycles.

- Réemploi : le matériau n'est jamais considéré comme déchet
- Réutilisation : le matériau a à un moment été un déchet

Différence réemploi-réutilisation uniquement réglementaire.

Enjeux

- diminuer impacts environnementaux
- valoriser des savoirs-faire, travail manuel, emplois locaux (le réemploi repose beaucoup sur la main d'oeuvre, soigneuse, non industrialisée, locale)
- préserver la valeur culturelle et patrimoniale des éléments

Les étapes d'un projet circulaire

R-USE vient agir sur 2 grandes phases :

- extraction
- intégration

2 façons de faire

- in-situ
- ex-situ

2 types

- même usage
- détourné

Si le réemploi de matériaux économise XXX kgCO₂eq ça correspond à ne pas construire XXX/740 m² de logements répondant à la RE2020.

Etapes

Extraction

1. Diagnostic du potentiel existant
2. Stratégie de valorisation
3. Scénario de déconstruction

Intégration

1. Objectifs et stratégie de réemploi (donnés notamment par le client pour atteindre par exemple la RE2020)
2. Etudes techniques des solutions circulaires, faisabilité, financier
3. Stratégie de fourniture des matériaux

Déconstruction

1. Appel à manifestation d'intérêt
2. Suivi des travaux de dépose soignée et conditionnement

Construction

1. Design circulaire
2. caractérisation des matériaux pour avoir les justificatifs légaux

Principaux freins

- esthétique, mais on se rend compte que ce n'est pas forcément un canapé en palettes, souvent on ne peut même pas différencier neuf de réemploi
- économique (ne pas comparer avec low-cost chinois, comparer avec même gamme de prestation)
- réglementaire

Antoine Peltier : La terre : ressource-déchet d'avenir ?

Contexte

- Terre excavée = 75% des déchets du BTP
- basiquement ces terres sont réemployées (buttes, boucher des trous, ...)
- en parallèle la consommation de matières premières du BTP n'a cessé d'augmenter, ciment plus qu'exponentiel (sachant qu'en masse le béton c'est 7x le ciment)
- le ciment c'est 8 à 9% des émissions mondiales de GES (en 2017). Si c'était un pays ce serait le 3e au monde après Chine et USA

=> Potentiel de la terre comme matériau de construction ?

Matériau ancestral

- des morceaux de la muraille de Chine ont été fait en terre. (à l'époque on ne pouvait pas transporter les matériaux => matériaux locaux)
- Un fort du XVème en Espagne entièrement en terre
- Ville de Shibam au Yemen, en terre, immeubles de 7 étages !!
- Mosquée de Djenné au Mali, XIIIème siècle, reconstruite en 1907. Les murs ont des poutres de bois qui en sortent, qui servent d'échafaudages pour régulièrement réentretenir la façade lors de fêtes culturelles

Matériau moderne

- entrepot ricola en suisse
- une façade d'un bâtiment d'habitation à Rennes

terre à bâtir

- on construit en terre partout dans le monde
- population vivant dans habitat en terre
 - 30% en 1989
 - 10% en 2021

Qu'est-ce qu'une terre à bâtir ?

- celle sous la couche végétale organique
 - eau + argiles + limons + sables + graviers
 - argile sert de liant
- ! Toutes les terres ne sont pas utilisables

=> ressource naturelle très variable trouvable partout

- composite qu'on peut amender avec fibres végétales (paille, chanvre, ...) et/ou stabilisants (ciment, chaux, ...)

Diversité des techniques : exemple ici en France

cf roue des techniques <https://craterre.hypotheses.org/3917>

Pisé

- terre assez peu argileuse avec grains assez bien distribués
- surtout en région Rhone Alpes
- Gros blocs de terre crue compressée

Bauge

- terre plus fine donc on peut pas la damer
- on fait des boules avec de la paille dedans et ajout d'eau, puis on entasse sur un mur (ou dans un coffrage)
- région Bretagne Normandie (beaucoup entre Rennes et St Brieuc)

Adobe

- même terres que bauge
- briques moulées puis séchées
- Sud Ouest France, mais possible aussi en Bretagne
- association Terre : briquetterie solidaire d'adobe, maintenant en communauté Emmaüs à Rennes

BTC

- bloc de terre comprimé
- beaucoup plus moderne (début XXème)
- exemple APALA
- terre plus comme pisé mais sans gros grains, possible ajout de sable

Torchis

- technique de remplissage
- un peu partout en France, beaucoup dans le Nord
- souvent interdit pour feux
- construction en paille avec un peu de terre
- dans une cuve avec beaucoup d'eau et un peu de terre (=barbotine) on plonge de la paille que l'on tresse ensuite
- autre technique : terre allégée : dans coffrage on fourre paille et barbotine

Diversité d'usages

- mur monolithique (porteur) : pisé, bauge
- maçonnerie (porteur) : BTC, adobe
- remplissage : torchis
- enduits, mortiers

Comment ça tient ?

- principe du château de sable + plaquettes d'argiles
- le liant c'est argile + eau :
 - au séchage des ponts capillaires se créent et serrent les grains avec en plus les plaquettes d'argile qui se collent
 - phénomène de succion

Influence de l'eau :

- la pluie c'est pas grave
- ce qui est grave c'est si l'eau ne s'évapore pas et qu'elle s'accumule
- par exemple si on met un enduit de ciment par-dessus, l'eau s'accumulera
- Résistance en compression augmente avec séchage
 - 1MPa à 2% teneur en eau
 - 0.2MPa à 10%

Principe de conception

- besoin d'un soubassement pour éviter remontées capillaires
- laisser le mur respirer : pas d'enduits ou enduits poreux (terre, chaux, ...)
- toiture pour éviter l'écoulement d'eau de pluie

Avantages

- réutilisation d'un déchet de construction
 - en 2012 la terre excavée seule aurait suffi pour construire la moitié des maisons individuelles construites cette année
- matériau non renouvelable mais présent en grande quantité
- matériau réutilisable = pas de nouveaux déchets
 - interactions eau-argile réversibles
 - mais si on y rajoute du ciment ou de la chaux il faudra un travail de recyclage supplémentaire
- disponible partout en grande quantité => local => très faible impact environnementale
 - 1 : impact bauge manuelle avec 10km de transport
 - x2 bauge mécanisée - réseau
 - x38 bauge mécanisée - groupe électrogène
 - x83 parpaing
 - x95 terre cuite
- stockage carbone avec les fibres végétales
- confort hygro-thermique
- réduit la pollution intérieure (capte l'ozone qui sinon s'associe à des polluants intérieurs)
- besoin de beaucoup de main d'oeuvre + main d'oeuvre qualifiée (artisans) = crée de l'emploi
- ressource non transformée = gratuite !

Et demain ?

Attention à la démarche. Il y a plusieurs visions des chemins que devraient prendre la démarche : (identifiées par V. Villain 2020)

- Industriels souhaitant que la construction en terre satisfasse les contraintes économiques de la construction conventionnelle
- professionnels s'inscrivant entre des logiques industrielles ou artisanales de développement
- des professionnels souhaitant changer la structure sociale, par exemple en priorisant les travailleuses plutôt que le développement économique

Exemples industriels :

- Martin Rauch en Autriche avec usine de préfabrication de pisé

- => questions du transport, de l'échelle de l'usine
- technique de terre coulée : outils du béton mais avec de la terre que l'on coule
 - en vrai ça marche pas si bien, c'est très expérimental, et il faut rajouter des trucs dans la terre pour que ça fonctionne
- impression 3D en terre-paille
 - pas simple, il faut adapter la terre à la technique, ancestralement c'est l'inverse
 - ne crée pas forcément d'emplois...

Exemples transformateurs :

- briquetterie solidaire <https://www.associationterre.com/>
- <https://www.atelierbelenfantdaubas.org/>

Besoin de cadres conceptuels / théoriques

- exemple d'inscrire la construction en terre dans un cadre d'économie circulaire (alors les carrières ne seraient pas acceptables)

Des acteurs institutionnels s'y intéressent : <https://projet-national-terre.univ-gustave-eiffel.fr/>

Actions de recherche :

- comportement mécanique des ouvrages en terre crue
- confort et efficacité énergétique
- durabilité
- essais in situ
- impacts env
- réglementation
- sécurité incendie
- ...

<https://conf-terrecrue.org/>