



Partenaire principal



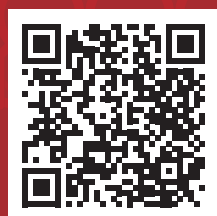
Partenaires du projet



Partenaires associés



ITALIANO



ENGLISH

CUBÂTI

CULTURE DU BÂTI
DE QUALITÉ :
RECHERCHE,
INNOVATION
ET ENTERPRISE
POUR LA DURABILITÉ

Réalizations en matière de transfert
de technologie dans le cadre du projet CUBÂTI

par
Maria Luisa Germanà, Manfredi Saeli e Andrea D'Amore

cubati.org

CUBÂTI

Il Programma di Cooperazione Transfrontaliera (CT) Italia-Tunisia 2014-2020, adottato dalla Commissione Europea, mira a contribuire all'obiettivo globale ENI di progresso verso "uno spazio di prosperità condivisa e di buon vicinato fra gli Stati Membri dell'UE e i loro vicini". L'obiettivo del programma è pertanto quello di promuovere uno sviluppo economico, sociale e territoriale giusto, equo e sostenibile, al fine di favorire l'integrazione transfrontaliera e valorizzare i territori e le risorse dei due Paesi partecipanti.

Progetto N. C-5-2.1-16

CUBÂTI Culture du bâti de qualité : Recherche, Innovation et Enterprise pour la Durabilité

Priorità del Programma 2.1 - Promozione e sostegno alla ricerca e all'innovazione nei settori chiave

Obiettivo tematico del Programma OT2 - Sostegno all'istruzione, alla ricerca, allo sviluppo tecnologico e all'innovazione

Risultato del programma R2.1.b - Rafforzamento dei legami tra la comunità imprenditoriale e i ricercatori che lavorano sull'innovazione in settori chiave

Il presente fascicolo è stato realizzato grazie all'aiuto finanziario dell'Unione Europea nell'ambito del Programma Italia Tunisia 2014-2020[©].

Il suo contenuto è di esclusiva responsabilità del Beneficiario e non può in nessun caso essere considerato come riflesso della posizione dell'Unione Europea o della posizione delle strutture di gestione del Programma.

I Curatori declinano ogni responsabilità relativa ai contenuti dei singoli contributi.

Le Programme de Coopération Transfrontière (CT) Italie-Tunisie 2014-2020, adopté par la Commission Européenne, vise à contribuer à l'objectif global IEV de progrès vers « une zone de prospérité partagée et de bon voisinage entre les États membres de l'UE et leurs voisins ». Le but du Programme IEV de Coopération Transfrontalière Italie-Tunisie 2014-2020 est donc d'encourager un développement économique, social et territorial juste, équitable et durable, en vue de favoriser l'intégration transfrontalière et de valoriser les territoires et les atouts des deux Pays participants.

Projet N. C-5-2.1-16

CUBÂTI Culture du bâti de qualité : Recherche, Innovation et Enterprise pour la Durabilité

Objectif thématique du programme OT2 - Soutien à l'éducation, la recherche, le développement technologique et l'innovation

Priorité du Programme 2.1 - Promotion et appui à la recherche et à l'innovation dans les secteurs clés

Résultat du Programme R2.1.b - Liens renforcés entre le milieu des affaires et les chercheurs travaillant sur l'innovation dans les secteurs clés

Le présent brochure a été réalisé avec l'aide financière de l'Union européenne dans le cadre del Programme *ItalieTunisie2014-2020*[©].

Son contenu relève de la seule responsabilité du Bénéficiaire et ne peut en aucun cas être considéré comme reflétant la position de l'Union européenne ou la position des structures de gestion du Programme.

Les Editeurs déclinent toute responsabilité pour le contenu des contributions individuelles.

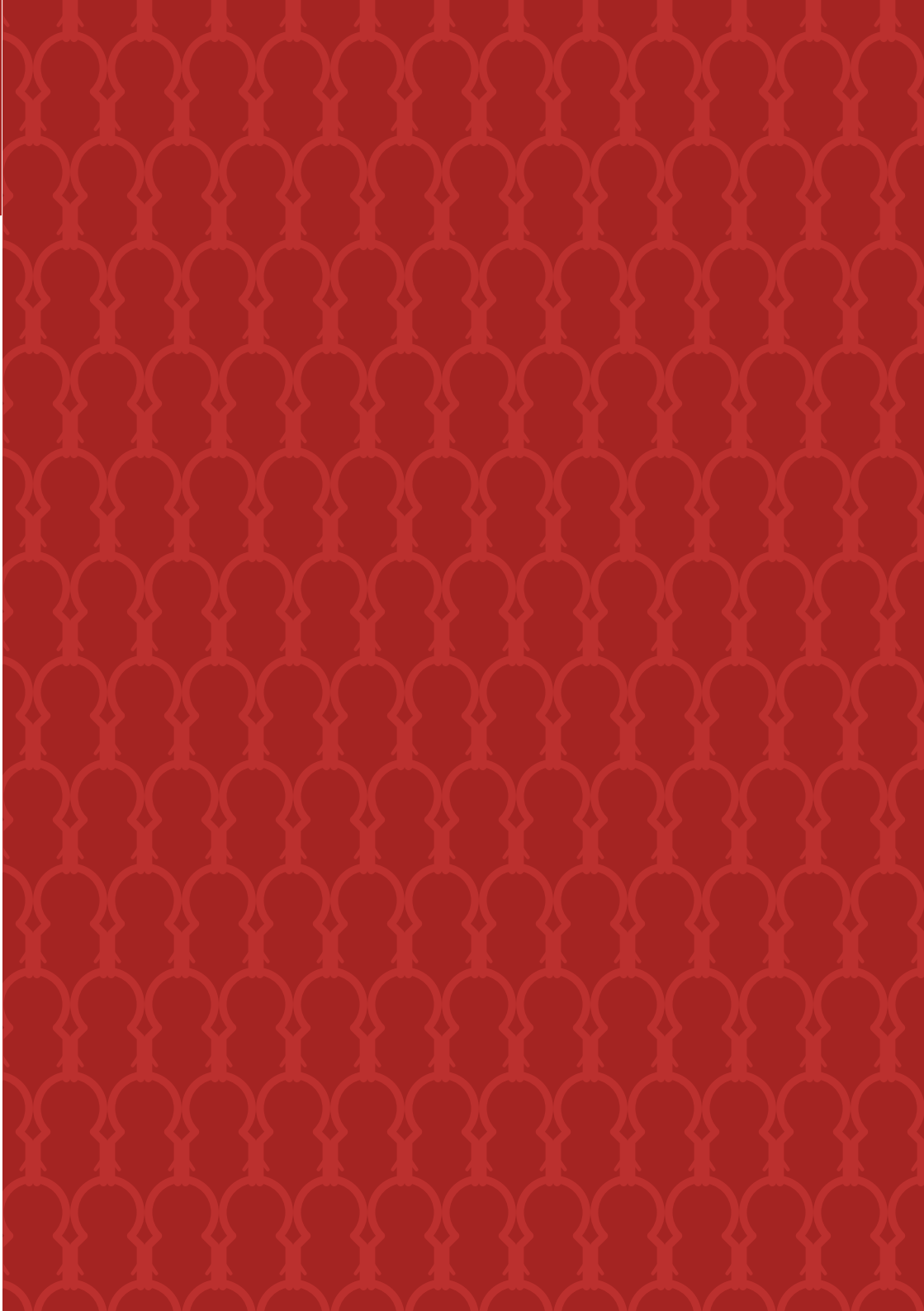
© Copyright 2023
New Digital Frontiers srl
Via Serradifalco, 78
90145 Palermo - Italia
www.newdigitalfrontiers.com

ISBN: 978-88-5509-595-2

Impression terminée

Le projet CUBÂTI: culture de la construction et identité commune (M. L. Germanà)**Le transfèrement technologique dans l'expérience CUBÂTI (M. L. Germanà)**

1. La Tecnothèque CUBÂTI du Département d'Architecture UNIPA (M. L. Germanà; A. D'Amore; F. Provenza)
2. Les modèles démonstratifs sur les matériaux des expérimentations (F. Zagarella)
3. Les modèles démonstratifs sur applications de projet environnemental (M. L. Germanà; F. Provenza; F. Zagarella)
4. Adobe (briques en terre crue) en Tunisie (F. Kharrat; H. Driss)
5. BTC (briques de terre comprimée) (F. Kharrat; H. Driss)
6. Adobe (briques en terre crue) dans la Sicile ancienne (M.L. Germanà)
7. Adobe (briques en terre crue) dans la Sicile moderne (M. L. Germanà)
8. Les déchets provenant de la mer (F. Bertolino; F. Cassarà)
9. La chambre climatique du Laboratoire de Construction du Département d'Architecture UNIPA (M. L. Germanà; M. Saeli; A. D'Amore)
10. Le processus commun pour les essais de matériaux/1 (F. Fernandez; K. Mensi)
11. Le processus commun pour les essais de matériaux/2 (F. Fernandez; K. Mensi)
12. Expérimentations de matériaux: gesso et coquilles de moules (M. Saeli; T. Campisi; A. Calà; R. Leone)
13. Expérimentations de matériaux: chaux et poudre de café (M. Saeli; A. Calà; R. Leone)
14. Expérimentations de matériaux: gesso et figues de barbarie (S. Colajanni; T. Campisi; V. R. Margiotta)
15. Expérimentations de matériaux: gesso et coquilles de pistache (F. Fernandez; M. G. Insinga; R. Basile)
16. Expérimentations de matériaux: gesso et pelure d'orange (F. Fernandez; M. G. Insinga; R. Basile)
17. Expérimentations de matériaux: argille et coques de pistache (F. Fernandez; M. G. Insinga; R. Basile)
18. Expérimentations de matériaux: argille et pelure d'orange (F. Fernandez; M. G. Insinga; R. Basile)
19. Expérimentations de matériaux en Tunisie (K. Mensi)
20. Site archéologique Utique en Tunisie. Le bâtiment expérimental (B. Mazigh; K. Chaniour)
21. Réalisation de bâtiments démonstratifs en Tunisie (F. Mhiri; K. Mensi)
22. Production d'enduit extérieurs en cocchiopesto (G. Guglielmino, gagnant PREMIO CUBÂTI)
23. Production de revêtement de sol extérieur en cocchiopesto (G. Guglielmino, gagnant PREMIO CUBÂTI)
24. Production d'enduit de terre crue (G. Guglielmino, gagnant PREMIO CUBÂTI)
25. Production de brique en paille (G. Guglielmino, gagnant PREMIO CUBÂTI)
26. La Maison de Théâtre "Marcello": bois et paille (D. Schininnà, Olivo s.r.l., gagnant PREMIO CUBÂTI)
27. Production de blocs en terre crue comprimée (A. Ghannem SOIB, gagnant PREMIO CUBÂTI)
28. Conception technologique pour les bâtiments inachevés (M. L. Germanà, F. Anania)
29. Diagnostique innovante dans le domaine de la Surveillance de la Santé Structurale (SHM) (TEM LAB, gagnant PREMIO CUBÂTI – A. Mulone; F. Di Ganci)
30. Recyclage de déchets de démolitions de constructions en béton de ciment armé (Z. Jaouadi, gagnant PREMIO CUBÂTI)



LE PROJET CUBÂTI: CULTURE DU BÂTI ET IDENTITÉ COMMUNE

Maria Luisa GERMANÀ (Responsable scientifique)

Culture du bâti de qualité: Recherche, Innovation et Entreprise pour la Durabilité est un projet stratégique pour la recherche et l'innovation cofinancé par l'Union Européenne dans le domaine du Programme ENI de Coopération Transfrontalière Italie-Tunisie 2014-2020. Proposé en 2019 et terminé en 2023, pour la première fois dans ce Programme CUBÂTI a attiré l'attention sur le secteur du bâtiment: une activité de grande importance pour l'économie transfrontalière, pour la durabilité et pour la qualité de la vie de tous. Le premier levier sur lequel a agi CUBÂTI est l'idée de "culture de la construction", dont dérive le même titre attribué au Projet. En 2018 les Ministres de la Culture européens ont signé la Déclaration de Davos, en soulignant que construire est toujours un acte culturel et que la culture du bâtiment (baukultur) de haute qualité dépend avant tout par une approche holistique aux procédés de production, entretien et transformation du milieu bâti. À la lumière de cette idée, CUBÂTI a regardé de façon unitaire au patrimoine architectural et à l'architecture contemporaine, avec l'ambition d'activer un cercle vertueux entre activités productives différentes (bâtiment, agriculture et pisciculture, tourisme culturel) en visant à renforcer les liens entre chercheurs, professionnels et entrepreneurs siciliens et tunisiens dans le domaine de la construction durable et en sensibilisant les institutions vers un indispensable renouvellement programmatique et stratégique, à l'enseigne de l'économie circulaire et de la vision holistique. Le deuxième levier sur lequel a agi CUBÂTI est la valeur ajoutée de la coopération transfrontalière entre Sicile et Tunisie, fondé sur certains éléments matériels et immatériels de l'identité commune qui sont surtout liés aux activités de construction.



> Les huit critères pour une culture du bâti de qualité. (Système Davos). Par: <https://www.bak.admin.ch/bak/it/home/baukultur/qualitaet/davos-qualitaetssystem-baukultur.html>.



> Domaines d'application auxquels se réfère CUBÂTI. Élaboration graphique de l'A., sur image: <https://www.flickr.com/photos/marcocrupivisualartist/39367058165> (Licenze Creative Commons).

En général, on peut reconnaître cette identité commune aussi bien dans la tradition que dans la contemporanéité et ce n'est pas difficile d'imaginer que même dans l'avenir maintiendra force et identité, sur le fond des scénarios globaux. Sicile et Tunisie se trouvent dans le barycentre d'une zone qui joue un rôle de faille entre deux macrorégions aujourd'hui plus que jamais en équilibre précaire: l'Europe et la zone MENA (Moyen Orient et Afrique du Nord). Une frontière qui est théâtre d'après tensions, avec deux principaux flux critiques: en direction est-ouest, les considérables intérêts économiques animés par les routes entre Suez et Gibraltar, qui unissent les océans Indien et Atlantique; en direction sud-nord, les continues vagues migratoires, alimentées par causes (changements climatiques et conflits) pas résolubles facilement.

La Méditerranée, dès l'antiquité liaison entre cultures, domine sur l'ensemble varié de criticités et opportunités qui caractérise l'identité commune entre Sicile et Tunisie. Sur les rivages donnant sur le Canal de Sicile, dans la zone où les deux continents sont proches, se sont développées cultures parallèles, alimentées par échanges millénaires et avantageux (flux de matières premières, de produits, de personnes, de connaissances). L'idée de culture de la construction de qualité qui a inspiré CUBÀTI se lie à l'identité commune entre Sicile et Tunisie dans la mesure où les activités du projet ont voulu valoriser les opportunités offertes par l'identité commune (en ce qui concerne les matériaux de construction locaux et le patrimoine architectural), en tenant compte de l'orientation à la durabilité environnementale, condition indispensable pour un environnement bâti de haute qualité, où les personnes puissent bien vivre en réduisant leur empreinte écologique.



> La zone méditerranéenne sur le fond du scénario global. Élaboration de l'A. sur l'image tirée de:
https://pxhere.com/it/photo/1262215?utm_content=shareClip&utm_medium=referral&utm_source=pxhere (Licence Common)



> La mer Méditerranée. Composition par photos satellitaires (NASA).
https://pxhere.com/it/photo/1262215?utm_content=shareClip&utm_medium=referral&utm_source=pxhere

LE TRANSFÈREMENT TECHNOLOGIQUE DANS L'EXPÉRIENCE CUBÂTI

Maria Luisa GERMANÀ

Avec transfèrement technologique l'on se réfère à un processus pour lequel des connaissances mûries dans le domaine scientifique trouvent application, mais aussi un nouveau développement, dans la réalité opérationnelle. Dans le domaine de la construction durable, plus de soixante ans de recherche ont produit une grande connaissance qui, toutefois, seulement récemment et encore partiellement trouve application. Les obstacles qui continuent d'empêcher le transfèrement technologique dans ce domaine sont d'ordre technique, économique et culturel et CUBÂTI, dans la conscience des limites de l'occasion, a cherché d'entreprendre des routes multiples.

En effet, les trois groupes principaux d'activité du projet de suite énumérés sont trois filons entrelacés et interactifs, auxquels ont coopéré tous les partenaires de projet:

Transfèrement technologique: expérimentation conjointe de matériaux de construction liés à l'identité commune; réalisation avec but démonstratifs de modèles, technothèques et petits bâtiments en Tunisie avec l'utilisation de matériaux liés à la tradition et à l'économie circulaire (déchets d'agroalimentaire).

Capitalisation et partage de bonnes pratiques: documents techniques pour faciliter le transfèrement de connaissances et technologies sur les matériaux de construction durables en Sicile et Tunisie; échange de bonnes pratiques en occasion d'ateliers, séminaires, foires et à travers publications; développement de protocoles de coopération sur la culture du bâti de qualité.

Mobilité et développement de connaissances communes: soutien à la mobilité transfrontalière pour le développement du capital humain; création d'une plateforme web pour le partage des contenus; Prix CUBÂTI dédié à entrepreneurs et professionnels.

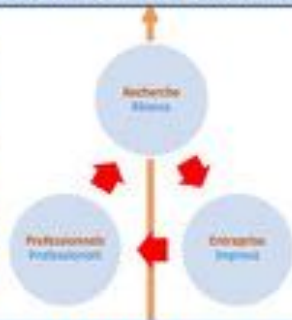
IDÉE BASIQUE DE CUBÂTI

IDEA DI BASE DI CUBÂTI

« CULTURE DE BÂTI » DE QUALITÉ BAUKULTUR DI ALTA QUALITÀ

La coopération entre le monde des affaires et la recherche, tirant parti de la vision globale et stratégique de la « culture de bâti » de qualité, contribuant à l'innovation par le biais de deux éléments forts de l'identité transfrontalière :

- les ressources renouvelables pour des matériaux constructifs durables
- le patrimoine architectural.



La cooperazione tra impresa, professionisti e ricerca, applicando la visione globale e strategica della baukultur di qualità, contribuisce all'innovazione attraverso due forti elementi di identità transfrontalière:

- le risorse rinnovabili per i materiali da costruzione sostenibili
- il patrimonio architettonico.

MATÉRIAUX DURABLES LIÉS À L'IDENTITÉ LOCALE / PATRIMOINE ARCHITECTURAL MATERIALI SOSTENIBILI LEGATI ALL'IDENTITÀ LOCALE / PATRIMONIO ARCHITETTONICO

Avec l'ambition de tenir compte de façon unitaire de culture, technologie, modèles productifs, paradigmes économiques, CUBÀTI a cherché à contribuer à la construction durable sur la base de deux éléments forts de l'identité commune entre Sicile et Tunisie:

- La disponibilité dans le territoire transfrontalier de matériaux locaux, cohérents avec la réalité productive contemporaine: géo- matériaux à limité impact (plâtre et argile); matériaux biologiques (déchets de l'agroalimentaire et pisciculture); déchets de démolitions (en référence à la plaie des bâtiments inachevés).
- Un patrimoine architectural très riche (Sicile et Tunisie comptent respectivement huit et neuf sites dans la *Liste du Patrimoine Mondial UNESCO*) qui offre innombrables occasions de durabilité *ante litteram* (outre au savant emploi de matériaux locaux, l'on pense aux solutions pour chauffage et refroidissement passifs, c'est-à-dire qui n'utilisent pas d'installations énergivores).



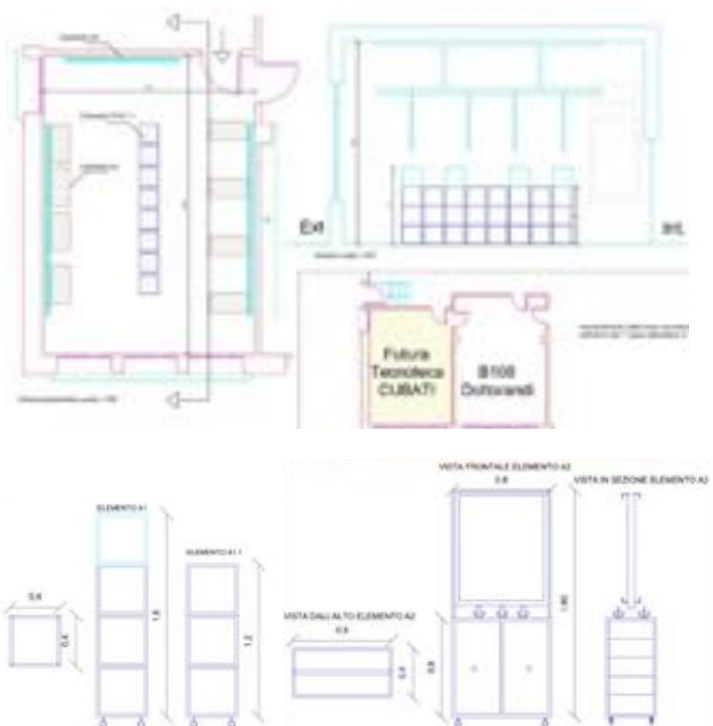
> À gauche, schéma référé au transfèrement technologique pour le recyclage de décombres dans les contextes de crises de guerre. À droite, schéma référé à la combinaison de déchets agricoles et matériaux locaux, pour la production de matériaux de construction à travers procédés différents. Par: Antoniol E., Ferrari, Ferrari M., De la crise à l'avenir durable. Processus de transfèrement technologique de l'Europe à la zone MENA, sur «TECHNE» n. 22/2021, pp. 55-62.



> Deux éléments de l'architecture traditionnelle très diffus en Tunisie et en Sicile qui aujourd'hui ont acquis le sens de durabilité *ante litteram*: à gauche la *mashrabiya* (Sidi Bou Said Tunis), à droite la persienne (Palazzina Cinese, Palermo).

Responsables: Maria Luisa GERMANÀ, Andrea D'AMORE, Fabrizio PROVENZA

Le projet CUBÂTI a permis de donner vie à un espace dédié à recueillir et exposer modèles, matériaux et techniques de construction durables liés à l'identité commune entre Sicile et Tunisie, représentative de la région méditerranéenne. La technotèque était au début pensée pour accueillir échantillons et modèles démonstratifs réalisés pendant le projet CUBÂTI, en utilisant surtout matériaux issus de déchets du secteur agroalimentaire. Ensuite, on a pensé d'éteindre l'exposition à modèles utiles pour le projet environnemental et à donations par des institutions ou entreprises intéressées au sujet de la culture de la construction. Pour accueillir la Technotèque, le Département d'Architecture de l'Université des Études de Palerme a mis à disposition une pièce près du bâtiment 8 de viale delle Scienze, siège qui accueille déjà une précieuse exposition de modèles provenant de l'ancienne École Royale d'Application pour Ingénieurs et Architectes, dont le Département de Projet et Bâtiment était déjà doté. Sur la base de l'espace assigné, la Technotèque CUBÂTI a été projetée en tenant compte de la possibilité de déplacer facilement les meubles (tous en bois de châtaignier) pour permettre emménagements flexibles et facilement transportables en d'autres lieux, pour événements et foires liés aux sujets de la construction de qualité, de la *baukultur* et de la construction écologique.



> Indications aménagement technotèque CUBÂTI.



> Les meubles ont été réalisés par l'entreprise artisanale Nudolegno Studio de Palerme; les images par la Studio Tre Palermo. Sur le revers, render de Fabrizio Provenza.



La Technotèque CUBÂTI représente un résultat tangible et durable du projet, qui vise à jouer un rôle de divulgation et de formation à la fois. Cet espace, qui sera ouvert aux étudiants de tout âge, veut offrir un lieu où connaître, s'approcher, toucher du doigt certains aspects du monde de la construction écologique et de la construction de qualité centrée sur la dimension méditerranéenne et transfrontalière Italie-Tunisie.

Ce résultat, donc, veut offrir un instrument à travers lequel sensibiliser les visiteurs aux thèmes de la construction de qualité, d'une architecture consciente de son rôle et de l'importance de procédés de recherche qui soient capables, au fil du temps et avec les nécessaires expérimentations, d'ouvrir de nouveaux horizons dans le secteur de la construction.



LES MODÈLES DÉMONSTRATIFS 2 SUR LES MATÉRIAUX DES EXPÉRIMENTATIONS

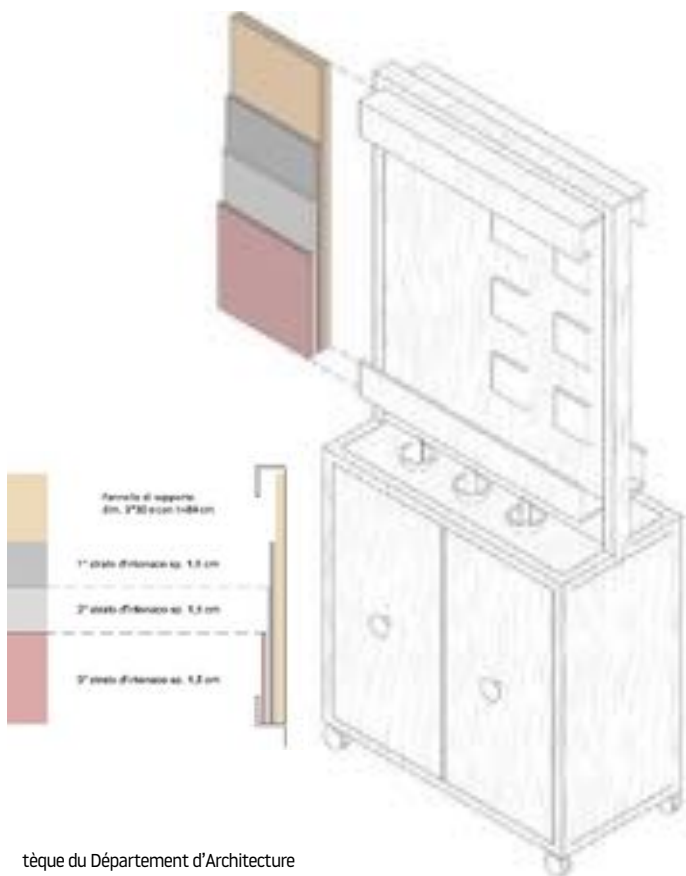
Federica ZAGARELLA

Dans le domaine des actions de transfèrement technologique du Projet CUBÂTI ont été projetés et réalisés par le Partenaire Consorzio Ecodomus certains modèles démonstratifs des matériaux expérimentés. La réalisation a eu le but de montrer les matériaux de finissage expérimentés au cours du projet, grâce à la fructueuse coopération entre les partenaires Département d'Architecture Université de Palerme, Institut Euro-Méditerranéen de Science et Technologie de Palerme et Centre International des Technologies de l'Environnement de Tunis. L'exposition comprend aussi bien les formulations finales, retenues les plus prometteuses en raison de caractéristiques et performances techniques meilleures, que les nombreuses épreuves intermédiaires, qui témoignent de la complexité du procédé d'expérimentation pour le développement de nouveaux matériaux. Un premier modèle «Panneaux et carreaux des matériaux testés» est le résultat d'un projet partagé (F. Zagarella; M. L. Germanà; F. Provenza; A. D'Amore, en conformité avec l'installation de la nouvelle Technotèque du Département d'Architecture de l'Université de Palerme) et comprend deux types d'éléments:

- Panneaux de support en bois lamellaire (cm 35 x 78,8), sur lesquels on étend les enduits expérimentés;
- Carreaux en céramique (cm 10 x 10) comme support pour d'autres formulations d'enduit testées pendant le projet mais exclues par les résultats finaux.

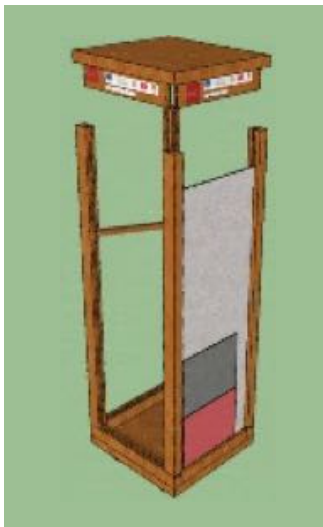
> En haut, un moment de l'expérimentation des matériaux mise en oeuvre avec protocole partagé entre les partenaires de Projet (Laboratoire CITET, Tunis; photo de F. Zagarella 2023).

Au centre, axonométrie du modèle «Panneaux et carreaux des matériaux testés» insérée dans le présentoir de la Techno-



tèque du Département d'Architecture Université de Palerme avec le schéma des couches d'enduit. (dessins F. Provenza).

Un deuxième modèle, «Totem des matériaux testés» a été projeté par le Partenaire Consorzio Ecodomus (T. Avara e F. Zagarella) avec le double objectif de montrer les matériaux de finissage testés au cours du projet et de créer les prémisses pour développements futurs lors d'une éventuelle capitalisation. En effet, le totem est pensé pour supporter non seulement l'expérimentation actuelle, mais aussi les résultats de recherches futures, à travers la possibilité de remplacer les panneaux fournis avec des nouveaux. Pour optimiser cette opportunité dans le territoire transfrontalier, ont été réalisés quatre totems, destinés aux Technothèques du Département d'Architecture de l'Université de Palerme et de l'ENAU (École Nationale d'Architecture et d'Urbanisme Tunis) et aux Laboratoires du IEMEST (Institut Euro-Méditerranéen de Science et Technologie de Palerme) et du CITET (Centre International des Technologies de l'Environnement de Tunis). Le totem (cm 40 x 40 x 165) a été projeté après une analyse attentive de produits similaires (maquette de stratigraphies commerciales) et une série d'étapes intermédiaires visées à en augmenter la légèreté, la possibilité de faire des modifications et la cohérence avec les installations de la Technothèque Département d'Architecture de l'Université de Palerme. Il est réalisé avec liteaux et éléments en bois lamellaire avec emboîtements à sec et comprend des coulisseaux pour loger les panneaux en plâtré sur lesquels étaler les matériaux de finissage. À la suite d'un appel d'offres public, l'entreprise «PM Strutturare in Legno» a été chargée de la réalisation de ces modèles, qui ont une valeur aussi bien didactique, en étant destinés aux Technothèques universitaires, que d'information, parce qu'ils pourront être facilement transportés à l'occasion de foires et rencontres professionnelles et commerciales.

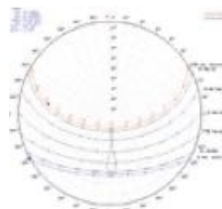


Maria Luisa GERMANÀ, Fabrizio PROVENZA, Federica ZAGARELLA

Dans le domaine du Projet CUBÂTI, sur l'initiative de la Responsable Scientifique M.L. Germanà et sur projet commun des Partenaires Consorzio Ecodomus et Département d'Architecture de l'Université de Palerme, ont été réalisés deux modèles démonstratifs sur applications de projet environnemental à placer dans la Technotèque du même Département. Il s'agit d'une tentative de rendre plus clairs certains instruments de base pour l'application de l'approche bioclimatique au projet de l'architecture. Malgré soixante ans écoulés depuis la fondamentale contribution de Victor Olgay «Design with climate» et l'actuelle disponibilité de logiciels qui permettent représentations complexes de données environnementales, comme flux d'air et rayonnement solaire, la réalisation de modèles en trois dimensions tangibles a été considérée comme un instrument didactique encore valable. Par ailleurs, on sait que matériaux à impact réduit (en tant que locaux et orientés à procédés circulaires) ne suffisent pas à rejoindre pleinement une culture de la construction (baukultur) d'haute qualité, si on n'applique en même temps l'approche bioclimatique, indispensable pour réduire sensiblement le besoin énergétique concernant le confort d'espaces intérieurs et extérieurs. Le premier modèle réalisé représente (sur un plan de multicouche en bois de bouleau de 80 cm de diamètre) un «Diagramme solaire polaire»: la projection sur le plan horizontal de l'apparente parcours solaire rapporté aux coordonnées géographiques du bâtiment 8 du Département d'Architecture de l'Université de Palerme (38°10551N; latitude; 13°3485067° longitude). Cette représentation est fondamentale pour une orientation optimale des bâtiments et pour le projet de

systèmes passifs (qui n'utilisent aucune installation énergivore) car aide à connaître la position du soleil pendant les saisons et les heures du jour, en comprenant l'interaction du milieu bâti avec le rayonnement solaire. Le diagramme représente l'hauteur du soleil avec les cercles concentriques et l'azimut (la distance de l'axe N-S) avec les rayons. Le modèle représente les trajectoires du soleil pendant les solstices d'été et d'hiver et avec l'aide d'une lampe simule le rayonnement solaire avec lumière directe. Un dispositif additionnel avec source lumineuse linéaire orientable aide à simuler la lumière diffusée.

> En haut, le diagramme polaire solaire rapporté aux coordonnées géographiques du bâtiment 8 du Département d'Architecture de Palerme, issu par www.sunearthtools.com et remanié par F. Provenza.
En bas, le modèle du diagramme solaire en cours de projet et exécution (render F. Provenza).



Le deuxième modèle réalisé représente le schéma d'une «Cheminée solaire», dispositif qui exploite l'effet cheminée (flux d'air déclenché par une différence de température et donc de pression) surtout pour le «refroidissement passif aéraif» des milieux (tout en constituant en même temps une forme de profit solaire direct, utile pour le chauffage passif pendant les saisons froides).

À ne pas confondre avec les Tours du vent, éléments de la tradition persane actualisés en certains projets contemporains (qui captent les vents dominants frais pour les mettre à l'intérieur), la Cheminée solaire au contraire extrait l'air chaud, en activant un rechange et un mouvement d'air à l'intérieur. La Cheminée solaire marche même en l'absence de vent parce qu'elle est activée par la différence de température entre le sommet de la cheminée et le milieu adjacent: voilà pourquoi le modèle utilise la couleur noire pour la couverture inclinée de la Cheminée solaire, car le minimum albédo (index de rayonnement solaire incident réfléti dans toutes les directions) optimise l'absorption de la chaleur. Le modèle esquisse la Cheminée solaire avec un volume de section à L réalisé en multicouche de bois de bouleau (plante cm 33 x 33 et h cm 30), avec les deux faces latérales en plexiglas transparent pour pouvoir observer l'intérieur. La couverture inclinée inclut une résistance qui permet l'élévation de la température, en déclenchant la fuite de l'air de l'intérieur du modèle. Le fonctionnement se manifeste en insérant à la base du modèle une petite quantité de matériel fumigène. Une lampe qui projète lumière sur la couverture sert à rappeler que le mécanisme est activé par le rayonnement solaire, sans l'aide d'aucune installation.

Les modèles du Diagramme solaire et de la Cheminée solaire ont été réalisés par l'entreprise «Fablab Palermo APS», chargée, à la suite d'un appel d'offres, aussi du projet exécutif.

> Le modèle «Cheminée solaire». Représentations de projet et exécutives (render F. Provenza).



Fakher KHARRAT, Houda DRISS

DEFINITION

L'adobe est une brique de terre crue façonnée à la main ou moulée, puis séchée pendant quelques jours à l'air libre ou sur des aires couvertes. Argiles, limons et sables sont mélangés à de l'eau pour atteindre l'état plastique, et parfois à des fibres pour réduire les fissures lors du séchage.

HISTORIQUE

L'origine de l'adobe coïncide avec la révolution néolithique et la sédentarisation de l'homme au Proche-Orient. Des briques de terre en forme de pain, façonnées à la main vers 8 000 avant J.-C., ont été trouvées à Jéricho et Mureybet. Les plus anciennes produites dans des moules, environ mille ans plus tard, ont été repérées à Çatal Höyük, en Turquie.

BIBLIOGRAPHIE

- LEZINE, A. (1968), Carthage-Utique : études d'architecture et d'urbanisme
- SLIM, H. (1985), La Tunisie. Dans Architectures de terre et de bois, DAF, 2, p. 35-45.
- TERRA Award, premier prix mondial des architectures contemporaines en terre crue, lancé en 2015 sous l'égide de la chaire UNESCO « Architectures de terre, cultures constructives et développement durable ».
- WAFER, R-Ph. (2010), L'adobe une solution durable pour la construction d'habitations écologiques dans une zone à forte activité sismique comme le Chili, Centre universitaire de formation en environnement, Université de Sherbrooke, Québec.



L'ADobe UN HERITAGE LOINTAIN EN TUNISIE

L'utilisation de l' adobe est une tradition constructive très ancienne en Tunisie, elle date depuis l'antiquité. L' adobe a été repéré dans des vestiges archéologiques romains qui datent depuis le IIème siècle avant Jésus-Christ dans la région d'El Jem-Thysdrus.

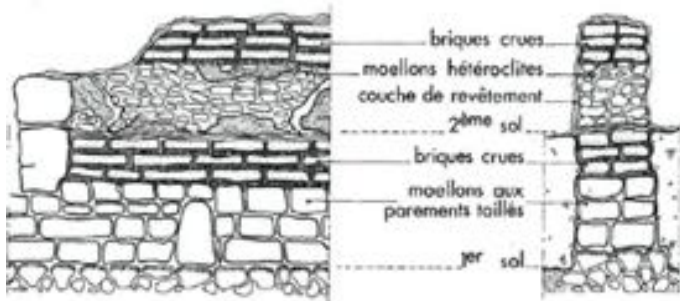
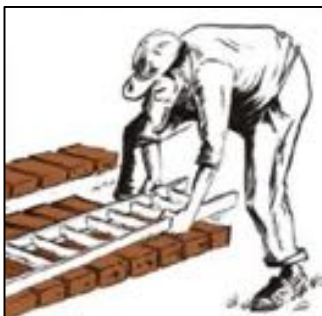
ETAPES DE CONFECTION DE L'ADobe

1. Mélanger la terre jusqu'à atteindre l'état plastique;
2. Mettre le mélange dans un moule en bois à une ou plusieurs alvéoles;
3. Démouler les briques et les laisser sécher à l'air libre;
4. Après quelques jours, positionner les briques sur la tranche pour un séchage homogène.

AVANTAGES DE LA CONSTRUCTION EN ADobe

La construction en adobe présente plusieurs avantages:

- Capacité de régulation hygrothermique (régulariser l'humidité de l'air);
- Forte inertie thermique et capacité à emmagasiner la chaleur;
- Réduire la consommation d'énergie et de ne produire aucune pollution;
- Réutilisable à 100 %, recyclage aisé et durabilité élevée;
- Matériau de construction peu coûteux;
- Très bon bilan environnemental: peu ou/pas de transformation ni de transport, pas la production de gaz à effet de serre;
- Bonne isolation thermique et acoustique;
- Fabrication artisanale simple;
- Capacité d'absorption des odeurs et d'amélioration de la qualité de l'air.



> Détail de mur:

Soubassement en pierre et élévation en brique crue, El Jem - Tythdrus

Fakher KHARRAT, Houda DRISS

TECHNIQUE

Les blocs de terre comprimée (BTC) sont fabriqués dans des presses manuelles ou mécanisées avec de la terre humide et pulvérulente, composée d'une proportion équilibrée d'argiles, limons, sables et petits graviers.

L'addition de ciment ou de chaux est courante pour augmenter les caractéristiques mécaniques et la résistance à l'eau.

HISTORIQUE

La brique de terre comprimée (BTC) est un matériau relativement récent. La première presse manuelle, de l'ingénieur colombien Raul Ramirez, a conquis le marché international, vers 1950, par sa simplicité et sa facilité de manipulation. Après plusieurs perfectionnements, la technique a pris son essor dans le cadre de programmes d'habitat économique en Afrique et en Amérique latine. Les BTC se prêtent aussi à des édifices d'envergure, comme l'a prouvé l'architecte indien Satprem Maïni avec une voûte de plus de 10 m de portée.

BIBLIOGRAPHIE

BRUNO A., GALLIPOLI D., PERLOT-BASCOULES C., Perlot-Bascoules, MENDES J., SALMON N., Briques de terre crue : procédure de compactage haute pression et influence sur les propriétés mécaniques. Rencontres Universitaires de Génie Civil, May 2015, Bayonne, France. fihal-01167676f.

HOUBEN, H., RIGASSI V., GARNIER Ph., (1996), Guide Blocs de terre comprimée, Equipements de production, CDI & CRATerre. EAG Carthage-Utique : études d'architecture, Bruxelles.

SOIB, Manuel de pose des briques de terre comprimée. <https://soib.com.tn/wp-content/uploads/2019/08/Manuel-de-pose.pdf>.



TERRA Award, premier prix mondial des architectures contemporaines en terre crue, lancé en 2015 sous l'égide de la chaire UNESCO « Architectures de terre, cultures constructives et développement durable ».

ETAPES DE CONFECTION DE LA BTC

1. Broyer et tamiser la terre pour avoir un matériau homogène ;
2. Placer le mélange dans le moule de la presse ;
3. Comprimer la terre manuellement ;
4. Démouler et faites sortir le bloc soigneusement de la presse ;
5. Empiler les blocs dans une zone de stockage à l'air libre pendant 28 jours.

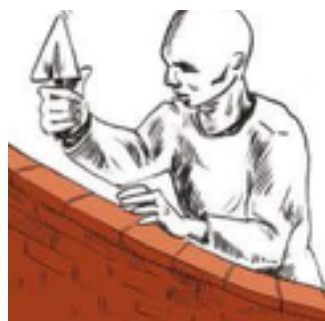
LA BTC UN NOUVEAU MATERIAU DE CONSTRUCTION EN TERRE EN TUNISIE

La confection des BTC en Tunisie a commencé en 2008 avec la société SOIB.

AVANTAGES DE LA CONSTRUCTION EN BTC

La construction en BTC présente plusieurs avantages :

- Le processus de fabrication nécessite peu d'énergie ;
- Matériau entièrement recyclable ;
- Les propriétés hygrothermiques confèrent aux bâtiments la possibilité de « respirer » en absorbant ou libérant de l'humidité ;
- Forte inertie thermique et régulation de la température intérieure des bâtiments ;
- Facture énergétique liée à la climatisation et au chauffage diminuée.



ADOBE (BRIQUES EN TERRE CRUE) DANS LA SICILE ANCIENNE

Maria Luisa GERMANÀ

Les techniques de construction de la terre crue ont maintenu pendant des millénaires un caractère d'instabilité : l'absence de cuisson permet de préparer le matériel sur place, sans médiations opérationnelles ou logistiques, comme il se passe pour les animaux qui utilisent la terre argileuse pour faire leur nids. La matière de base est la terre, extraite juste en dessous de la couche arable, gâchée avec différents types d'inertes (à base biologique, comme paille, sciure ou d'autres fibres végétales ou minérales, comme sable ou bitume) pour augmenter la résistance mécanique et diminuer le retrait pendant le séchage. Pour ce qui concerne les briques (*adobe*), utilisés pour réaliser murs et voûtes, le mélange est mis dans des moules et appareillé avec techniques de maçonnerie après le séchage; pour ce qui concerne la terre comprimée, le mélange prend consistance en se séchant après la pose (à l'intérieur de coffrages, comme dans les murs en *pisé*, ou interposé dans clisses comme dans le *torchis*, ou étendu en tant que finissage de surface en revêtements ou pavage). Grâce à une recherche financée par le MIUR dans le domaine des Projets d'Important Intérêt National et déroulée dès 2005 à 2007, aujourd'hui on peut affirmer que la Sicile contribue de façon importante à tracer les anciennes racines de l'architecture en terre crue en Italie, en offrant un champ d'observation privilégié. En effet dans certains sites archéologiques siciliens il y a nombreuses pièces, qui remontent à époques qui vont de la préhistoire à l'âge hellénistique-romain et qui sont rapportables à types de construction différents: fortifications, sépultures et bâtiments résidentiels, religieux, productifs et commerciaux. En outre, les exemples siciliens de bâti archéologique en terre crue fournissent nombreuses occasions



- > En haut, nids de hirondelles
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d0/Nidi_di_rondini_sottotetto.JPG (Licence Creative Commons).
- À gauche, réalisation de brique crue
(da <https://www.romanoimpero.com/2020/03/il-mattone-crudo.html>).
- À droite, réalisation de finissage en enduit en terre crue
<https://www.guglielminocooperativa.it/inotnaci-in-terracruda>.



- > M. L. Germanà (2011), Earth in ancient Sicilian architecture _ La terra cruda nelle costruzioni della Sicilia antica, in S. Mecca, L. Briccoli Bati, M. C. Forlani, M. L. Germanà (eds.), Earth/Lands. Earthen Architecture in Southern Italy _ Terra/Terre. Architetture in terra dell'Italia del Sud, ETS Pisa, pp. 166-188.

d'intérêt pour les effets d'interventions de conservation et protection qui ont été réalisées ces soixante dernières années.

La technique de l'*adobe* (briques crues) est la plus représentée dans le patrimoine archéologique sicilien arrivé jusqu'à nous: elle se répandit autour de toute la Méditerranée à partir du VII siècle avant J.C., aussi bien dans les sites d'influence punique que grecque. À Gela il y a précieux témoignages de bâtiments en adobe (technique qu'on utilisait surtout quand les carrières où extraire les matériaux pierreux étaient lointaines), qui sont arrivées à nous en dimensions exceptionnelles, grâce à la nature sableuse du terrain que les a recouvertes pendant des siècles. À Mozia, site d'influence punique, il y a des traces de murs en adobe rapportables à la période entre VI et V siècle avant J.C., dans des bâtiments artisanaux et des fortifications. Les maisons patriciennes d'Eraclea Minoa datent d'une époque successive (II ou I siècle avant J.C.), colonie de Selinunte qui se lève sur une hauteur près de la côte d'Agrigente. La plupart des murs, aussi bien périmètres que diviseurs, sont réalisés en terre crue (*adobe et pisé*) avec certains parties encore enduites. À Solunto, site hellénistique-romain sur la côte orientale de la province de Palerme, les ruines en terre crue se limitent à quelques exemples, qui en plusieurs cas résultent interventions ponctuelles, dérivantes de modifications de bâtiments réalisés à l'origine complètement en pierre.

> En haut, Mozia (Trapani), mur-cadre avec parties en adobe dans établissement artisanal (VI-V siècle avant J.C.); photo de M. Schiera 2007.
Au centre, Eraclea Minoa (Agrigente). Bâtiment résidentiel siècle II-I avant J.C.; photo M.L. Germanà 2014.
En bas, Solunto (Palerme), Maison à péristyle, bloc VII, en 2007 (photo de M. Schiera) et en 2013 (photo de F. D'Amaro).



> Gela (Caltanissetta). En haut à gauche, Comptoir archaïque à Bosco Littorio (VI a.C.). En bas à gauche et à droite, murs urbains de Capo Soprano IV siècle avant J.C. Photo de M.L. Germanà 2015.



ADOBE (BRIQUES DE TERRE CRUE) DANS LA SICILIE MODERNE

Maria Luisa GERMANÀ

Alors qu'elle est encore utilisée dans de nombreux autres endroits et qu'elle est toujours plus appréciée pour son respect de l'environnement, en Italie, la terre crue est un matériau de construction étranger à l'environnement de travail contemporain. Des obstacles de nature technique, réglementaire et surtout culturelle empêchent sa diffusion.

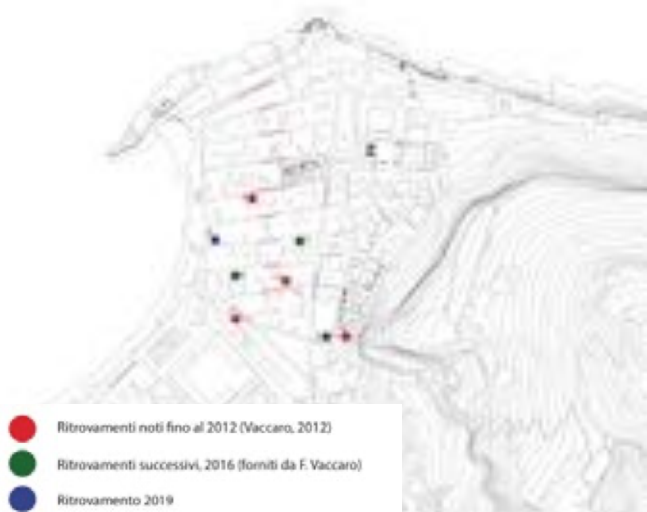
Afin d'actualiser ce matériau, il serait utile de pouvoir retracer son utilisation jusqu'aux racines de la tradition locale de construction, comme cela est le cas lorsqu'il est présent dans l'architecture vernaculaire et traditionnelle.

En Sicile, les constructions archéologiques où l'on a trouvé de la terre crue ne sont pas suffisantes pour soutenir l'hypothèse que ce matériau peut être actualisé, car elles sont trop éloignées. C'est pourquoi les découvertes fortuites de briques crues dans certains bâtiments de la partie ancienne de Cefalù (Palermo) sont particulièrement intéressantes, même si elles sont de taille modeste: l'élévation et l'achèvement des murs dans les constructions où le matériau principal est la pierre.

M. L. Germanà (2014), *Early modern pe-riod adobe in Sicily: recent finds*, in: C. Mileto, F. Vegas, L. Garcia Soriano, V. Cristini (cur.), *Earthen Architecture: Past, Present and Future Proceedings of the International Conference on Vernacular Heritage. Sustainability and earthen Architecture*, CRC Press Taylor & Francis Group, London, UK, pp. 163-168.

> Ci-dessous à gauche et à droite : chantier de construction à Via Vanni à Cefalù (Palermo), photos de F. Vaccaro 2013.

Briques crues utilisées pour fermer une pièce dans un bâtiment résidentiel existant: la même solution peu coûteuse après près de dix-huit siècles.



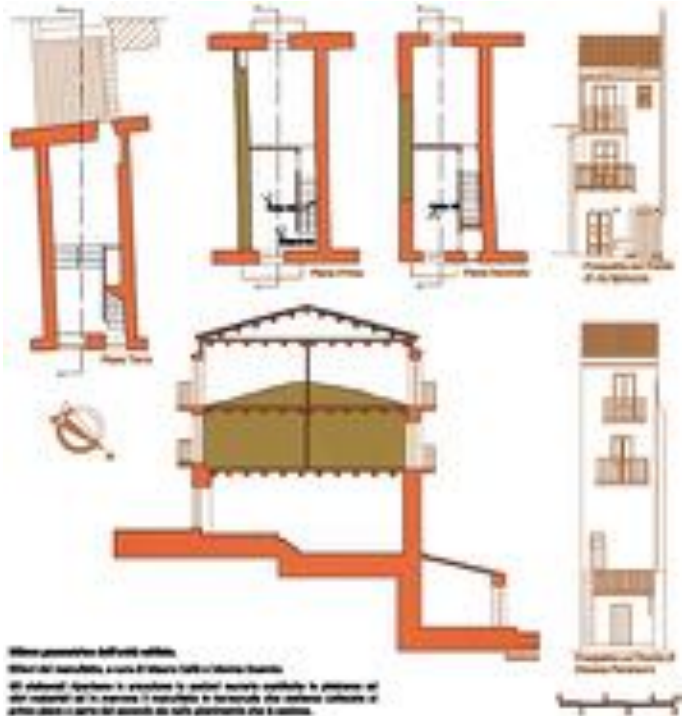
> Carte des découvertes de briques crues à Cefalù (Palermo). Extrait du mémoire de maîtrise en architecture «Riproporre la terra cruda a Cefalù per il miglioramento della fruizione del sito "Arabo normanno" UNESCO» (Réutilisation de la terre crue à Cefalù pour améliorer l'utilisation du site « arabo normand » de l'UNESCO) de Federica Culotta (2019).



En 2010, lors de travaux de rénovation d'un bâtiment situé Via S. Spinuzza à Cefalù, les architectes Mauro Caliò et Monica Guercio ont découvert un mur en brique crue. Deux ans plus tard, en préparant sa thèse, Fabio Vaccaro a analysé la découverte plus en détail et a analysé un échantillon de briques crues prélevées sur le mur. Il s'avère que la brique est composée de terre argileuse, de sable et de trois types d'agrégats: d'origine végétale (paille, canne et fragments de bois) ; d'origine animale (fragments d'os, coquillages) ; d'origine artificielle (éclats de matériaux en argile).

Outre ces éléments, le prélèvement a étonnamment révélé la présence de la tête d'un petit crucifix en papier mâché, encore reconnaissable après environ quatre siècles (la brique a été datée d'environ 1640 par la méthode du carbone 14).

> Découvertes dans le prélèvement de briques crues trouvé dans le bâtiment de Via S. Spinuzza à Cefalù. Ci-dessous: le reste du fragment de crucifix (photos de Fabio Vaccaro 2012).



> Ci dessus: dessins tirés de la thèse de licence en sciences architecturales « Cefalù in adobe: testimonianze in terra cruda » (Cefalù en adobe: témoignages en terre crue) de Fabio Vaccaro (2012).

Au centre: bâtiment du contexte urbain et mur en brique crue découvert lors des travaux de restauration en 2010. Ci dessous à gauche : la niche d'où a été extrait le prélèvement analysé en 2021.

Francesco BERTOLINO, Federica G. CASSARÀ (boursiers CUTP)

L'étude a pour objectif de résumer l'état de l'art des matériaux testés et analysés provenant du monde marin et pouvant être utilisés dans les constructions. Dans la perspective d'une économie circulaire, une attention particulière a été accordée aux matériaux considérés comme des déchets, mais pour lesquels une seconde vie peut être imaginée.

Posidonia oceanica, une phanérogame marine endémique de la Méditerranée, est souvent échouée sur les rivages où elle s'accumule pour former ce que l'on appelle des *banquettes*. *Posidonia* échouées sont parfois considérées comme des déchets et doivent être éliminées. De nombreuses études montrent que, grâce à ses propriétés, les «déchets» (essentiellement des feuilles) de la *Posidonia* peuvent être utilisés comme matériau d'isolation dans les bâtiments.

Les coquilles de mollusques bivalves sont également considérées comme des déchets. L'intérêt pour l'utilisation des coquilles de bivalves dans la construction est récent et les recherches ne sont pas très nombreuses, mais les résultats sont intéressants. En fait, l'utilisation de la poudre de coquille naturelle ou son mélange avec d'autres composés permet d'obtenir des matériaux qui peuvent être utilisés dans les bâtiments même s'ils n'ont pas de fonction structurelle.

BIBLIOGRAPHIE

- Abroug A., Jedidi M. (2020), "Valorization of *Posidonia oceanica* Balls for the Manufacture of an Insulating and Ecological Material", *Jordan Journal of Civil Engineering*, vol. 14 n. 3. pp. 417-430.
- Abualsaud E. H., Halimi M.T., Hasen M. B., Otham A.M., Zannen S. (2022), "Development of a Multifunctional Wet Laid Nonwoven from Marine Waste *Posidonia oceanica* Technical Fiber and CMC Binder", *Polymers*, vol 14 issue 5 n. 865.
- Backeljau T., Chapelle G., Morris J. P., (2018), "Shells from aquaculture: a valuable biomaterial, not a nuisance waste product", *Reviews in Aquaculture*, vol. 11, issue 1, pp. 42-57
- Bamigboye G. O., Okara O., Bassej D. E., Jolayemi K. J., Ajimalofin D., (2020) "The use of *Seniliaseniensis* seashells as a substitute for coarse aggregate in eco-friendly concrete", *Journal of Building Engineering*, 32, 101811.
- Calà A., Campisi T., Capela M. N., Colajanni S., Leone R., Saeli M., (2023), "Recycling mussel shells as secondary sources in green construction materials: a preliminary assessment", *Sustainability*, 15, 3547.
- Calà, A., Leone, R., Saeli, M. (2023), "Bivalve mollusks shells valorisation and recycling: market potentiality and novel building products", *Proceedings of ISER International Conference*, pp. 9-15).
- Calvo R. (2018), "Thermal insulation role and possible exploitation of *Posidonia oceanica* detritus in the Mediterranean area", *Flora Mediterranea*, vol, 28 pp. 279-285.
- Chen D., Pan T., Yu X., Liao Y., Zhao H., (2020), "Properties of Hardened Mortars Containing Crushed Waste Oyster Shells", *Journal of Cleaner Production*, 266, 121729.
- Del Grammastro L. (2018), "Gusci: la seconda vita dei molluschi bivalvi", *Il Pesce*: n° 2/2018
- Gheith R., Hachem H., Jemni A., Mehrez I. (2022), "Valorization of *Posidonia-Oceanica* leaves for the building insulation sector", *Journal of Composite Materials*, vol. 56 issue 13 pp. 1973-1985.
- Ibrahim A.S., Ul-Islam M., Al-Salmi A., Al-Abri S., Al-Noobi A., (2020), "Optimize mechanical properties of Oman cement using bio waste of sea shell", *Conference: 10th National Symposium on Engineering Final Year Projects*.
- Li H.Y., Wu H.S., Chou C., (2020), "Study on engineering and thermal properties of environment-friendly lightweight brick made from Kinmen oyster shells", *Construction and Building Materials*, 246, 118367.
- Martínez-García, C.; González-Fontebó, B.; Carro-López, D.; Martínez-Abella, F., (2019), "Impact of mussel shell aggregates on air lime mortars. Pore structure and carbonation.", *Journal of Cleaner Production*, vol. 215, pp. 650-668.
- Ramírez E.W.G, García A.E.G., (2020), "Uso de residuo de conchas de abanico como filler para la elaboración de concreto sostenible, Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil, Universidad de Piura, Perú.



DESCRIPTION DU DÉCHET:

POSIDONIA OCEANICA

Posidonia oceanica est une plante marine phanérogame de haute valeur environnementale, dont la présence atteste de la bonne santé de l'habitat et de la durabilité des sites.

L'une des principales caractéristiques de la *Posidonia* est sa forte production de biomasse: elle perd cycliquement ses feuilles, qui se déposent et s'accumulent sur le littoral.

La gestion des *Posidonia* échouées est assez complexe et le phénomène de l'échouage a toujours été perçu comme un inconvénient.

La réglementation italienne prévoit trois options pour sa gestion, à savoir, par ordre de priorité, l'entretien sur place, l'enlèvement/le stockage et l'enlèvement/le transfert en décharge

Les déchets constituent une source intéressante de matériaux pour la construction écologique. En particulier, des méthodes appropriées ont été mises au point pour transformer les «égagropiles» (structures rondes formées par l'agrégation de restes fibreux) en fibres pouvant être utilisées comme isolant thermique.

APPLICATIONS EXISTANTES

- Matériau d'isolation



DESCRIPTION DU DÉCHET: COQUILLES DE BIVALVE

Les Bivalves ou Lamellibranches, ont une coquille toujours divisée en deux parties, les valves, d'où le nom de bivalves. Les deux valves sont articulées dorsalement par un système de charnière, solidement reliées par une structure musculo-élastique, les muscles adducteurs. La coquille des Bivalves se compose généralement de trois couches.

En Europe, les espèces de mollusques bivalves les plus commercialisées sont les moules, les palourdes et les huîtres.

L'un des problèmes liés à la production de coquillages est la production de déchets. Les déchets de mollusques bivalves proviennent de trois secteurs: le secteur de la pêche et de l'élevage, le secteur de la transformation et le secteur du commerce/consommation.

Divers essais en laboratoire ont également montré que les coquilles de ces mollusques, même broyées, sont capables de fixer de nombreux métaux lourds, et qu'elles peuvent donc être utilisées pour la bio-remédiation de matrices aqueuses complexes.

La possibilité d'utiliser les déchets de bivalves, constitués de coquilles, dans le secteur de la construction est donnée par la composition même de leur structure, en effet, ils sont constitués principalement de carbonate de calcium (CaCO_3).

L'utilisation des coquilles a été testée dans des mortiers et des conglomerats.

APPLICATIONS EXISTANTES

- Bio-remédiation de matrices aqueuses complexes
- Agrégat dans les mortiers
- Liant



Maria Luisa GERMANÀ, Manfredi SAEI, Andrea D'AMORE

Le projet CUBÂTI a permis l'acquisition d'une chambre climatique indispensable aux activités de recherche que le Projet visait. Parmi celles-ci, la réalisation de tests de durabilité sur les matériaux expérimentaux produits a été particulièrement importante afin de pouvoir valider une réelle applicabilité des produits au regard des principes de qualité dans la construction.

L'équipement est doté d'une chambre hermétique en acier inoxydable AISI 304 poli miroir, totalement soudée et étanche à la vapeur avec un éclairage interne. La circulation forcée de l'air est obtenue au moyen de ventilateurs hélicoïdaux qui permettent un flux constant et uniforme sur tout le volume de la chambre intérieure, garantissant une distribution optimale des conditions microclimatiques pour les tests effectués. L'humidité relative est contrôlée au moyen d'un capteur électronique très précis et d'un producteur d'humidité thermorégulé très efficace.

APPLICATIONS

- Test de vieillissement accéléré
- Traitement des échantillons dans un environnement contrôlé
- Test en laboratoire dans un environnement contrôlé

MODÈLE: Evolution Clima 300

FABRICANT: MSL srl

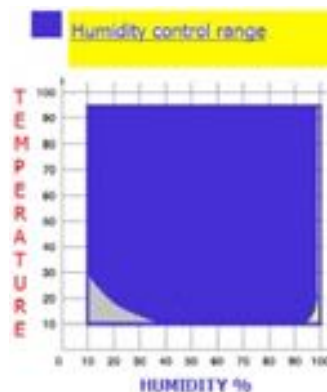
VOLUME DE LA CHAMBRE: 300

litres

GAMME DE TEMPÉRATURE:

-50 - 180 °C

GAMME D'HUMIDITÉ: 10-98 %





LES TESTS EFFECTUÉS LORS DE LA PHASE EXPÉRIMENTALE

Parmi les activités du projet CUBÂTI, des tests de vieillissement accéléré ont été réalisés dans la chambre climatique achetée à cet effet. La procédure suivie permet d'analyser et de prévoir l'état éventuel de dégradation et de durabilité des produits développés durant le projet dans certaines conditions. En particulier, des déchets d'identité commune entre la Sicile et la Tunisie, développés par les partenaires du projet (UNIPA, IEMEST et CITET), ont été exposés aux conditions microclimatiques suivantes pendant un mois chacune : 1) 60°C, 30% HR et 2) 60°C, 75% HR. Cela a permis de simuler les températures et les valeurs d'humidité extrêmes que l'on trouve dans les deux zones géographiques, afin que les conditions extrêmes accélèrent la dégradation éventuelle du matériau. Dans les deux cas, les échantillons ne présentaient pas de changements dimensionnels appréciables ni de signes de dégradation (désintégration, fissures, perte de matière, etc.).

Dans les images ci-contre, deux séries de produits testés montrent leur état de conservation optimal.



CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

DESCRIPTION	UNITÉ	DONNÉES
Dimensions extérieures (l x h x p)	mm	910 x 1800 x 1170
Dimensions intérieures (l x h x p)	mm	700 x 700 x 620
Volume utile	litres	300
Capacité de charge totale	Kg	280
Gamme de température	°C	-50÷ 180°C
Uniformité de la temp. dans l'espace	°C	±1
Constance de la temp. dans le temps	°C	±0.3
Gradient thermique de 180a-35°C*	°C/min	4.5
Gradient thermique de -40a180°C*	°C/min	5.0
Gamme de fonc. humidité relative	%	10÷ 98
Uniformité de l'humidité	%	± 3
Gamme de temp. climatique	°C	+10÷ +98
Groupes de thermoventilation	n°	2
Isolation	Double couche, laine de rocaille HD et laine de verre HD	
Matériau de la chambre de test	AISI304	
Alimentation électrique	V	400/3/50 Neutre et GND
Fréquence	Hz	50
Consommation électrique maximale	KVA	8,1
Consommation électrique moyenne	KVA	5,2
Réfrigérant écologique	R	452a
Eau déminéralisée	Max lt/hr	20
Condensation	Air	
Émission sonore à 1 mètre	dBA	60
Poids net de la chambre vide	Kg	450

* les valeurs indiquées se réfèrent à des conditions d'essai en laboratoire, dans des conditions climatiques contrôlées à 22°C 0,5°C et 60% HR, sans charges internes supplémentaires qui ne sont pas expressément indiquées sur l'équipement standard.

Federica FERNANDEZ, Khitem MENSI

Afin de pouvoir comparer les résultats des recherches, les laboratoires partenaires du projet ont défini un processus commun pour les essais en laboratoire des différents mortiers.

Après l'identification des objectifs communs, c'est-à-dire le type de mortiers, les différents éléments constitutifs et les paramètres de performance, les phases opérationnelles ont été définies. En particulier, le conditionnement des échantillons, la conception du mélange, les tests expérimentaux à réaliser et les protocoles de vieillissement ont été identifiés.

Le travail a été réalisé par la compilation de fiches, une pour les agrégats et une pour le mortier avec les différents tests effectués. La méthode a permis de partager les résultats entre les partenaires, de créer une base de données pour faciliter le stockage et la consultation des tests effectués. Le processus développé et mis en œuvre au cours du projet constitue un modèle reproductible pour d'autres projets.

LES PHASES

Phase 1. Tri et broyage des déchets

Phase 2. Tamisage des déchets

Phase 3. Conception du mélange et conditionnement du mortier

Phase 4. Production d'échantillons (4x4x4, 16x4x4, 20x20x2 cm) et évaluation du mortier frais (étalement, maniabilité, consistance, etc.).

Phase 5. Séchage (approx. 21 jours)

Phase 6. Exécution de tests (tests mécaniques, conductivité thermique, absorption d'eau par capillarité, etc.)

Phase 7. Vieillissement en chambre climatique

Phase 8. Répétition du test de la phase 4 pour vérifier le maintien des performances dans le temps.

PHASE 1. Tri et broyage des déchets

Divers déchets végétaux ont été triés, préparés et broyés dans un broyeur mécanique.



PHASE 2. Tamisage des déchets

Durant le processus de broyage, le produit est tamisé afin de le diviser au moins en trois tailles de grains différentes. Cela permet de moduler la courbe granulométrique du maté et de différencier son application: substrat ou finition.



PHASE 3 : Conception du mélange et conditionnement du mortier

A partir de la matrice de liaison, le gesso ou l'argile, de nombreux mélanges ont été expérimentés en faisant varier les pourcentages d'agrégats et d'eau. La mesure de l'étalement du mortier frais a permis d'optimiser le mélange, en particulier en ce qui concerne la teneur en eau et d'évaluer la maniabilité adéquate du mélange.



Federica FERNANDEZ, Khitem MENSI

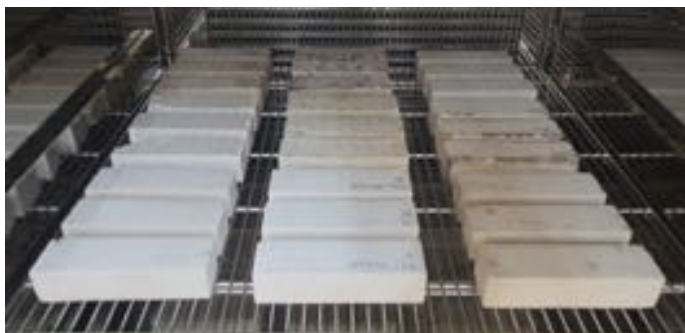
PHASE 4 : Fabrication d'échantillons (4x4x4, 16x4x4, 20x20x2 cm) et évaluation du mortier frais

Les mélanges présentant une bonne maniabilité ont été coulés dans des moules de différentes tailles, afin de réaliser des prélèvements d'un nombre et d'une taille adéquats pour les différents tests à effectuer dans la phase expérimentale afin d'évaluer la performance des mortiers fabriqués après séchage (phase 5).



PHASE 5. Séchage

Avant de procéder aux essais expérimentaux, les prélèvements ont été séchés pendant 28 jours à une humidité et à des températures contrôlées afin d'éviter les fissures pendant la phase de prise.



PHASE 6. Exécution de tests

6.1 TEST DE RÉSISTANCE MÉCANIQUE

DIMENSION DE L'ÉCHANTILLON:
4x4x16 cm

LES TYPES DE PREUVES:

- résistance mécanique à la compression
- résistance mécanique à la flexion

6.2 MESURES DE CONDUCTIVITÉ

DIMENSION DE L'ÉCHANTILLON:
20x20x2 cm

LES TYPES DE PREUVES:

mesures de conductivité (λ)

6.3 OBSERVATIONS AU MICROSCOPE OPTIQUE

ENLARGISSEMENTS: 10x 20x 30x
cm

6.4 L'ABSORPTION D'EAU PAR CAPILLARITÉ

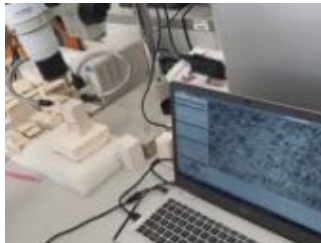
DIMENSION DE L'ÉCHANTILLON:
4x4x16 cm



> 6.1 Test de résistance mécanique.



> 6.2 Mesures de conductivité.



> 6.3 Observations au microscope optique.



> 6.4 Absorption d'eau par capillarité.

PHASE 7. Vieillissement en chambre climatique

DIMENSION DE L'ÉCHANTILLON:
4x4x16 cm

CONDITIONS DE L'ESSAI:

- 60% d'humidité et 30°C pendant 7 jours
- 30% d'humidité et 60°C pendant 7 jours



Manfredi SAELI, Tiziana CAMPISI
con Adriana CALÀ, Rosanna LEONE

La Moule est un mollusque bivalve équivalent appartenant à la famille des *Mytilidae*. Elle vit ancrée aux rochers et est considérée comme une espèce envahissante dans de nombreuses régions du monde en raison de sa propagation rapide. La coquille est en forme de goutte d'eau avec un bord arrondi d'un côté et pointu et légèrement incurvé de l'autre. Elle est composée principalement de CaCO_3 et a généralement une couleur noire ou noir violacé, avec des cercles de croissance radiaux et concentriques qui s'étendent à l'extérieur. À l'intérieur, elle a une surface lisse et une couleur nacré. Les moules d'élevage vivent dans des conditions plus contrôlées, dans des fermes mytilicoles ancrées à des cordes et à des filets fixés à des bouées flottantes. L'espèce la plus connue au monde est le *Mytilus Galloprovincialis*, connu sous le nom de Moule Méditerranéenne.

APPLICATIONS EXISTANTES

Alimentation humaine;
Aliments pour bétail;
Assainissement des sols et
des eaux usées;
Catalyseurs pour la production
de biodiesel;
Applications biomédicales et cosmétiques;
Matériaux de construction écologiquement durables

BIBLIOGRAPHIE

Leone R, Calà A, Capela MN, Colajanni S, Campisi T, Saeli M., *Recycling mussel shells as secondary sources in green construction materials: a preliminary assessment*. Sustainability 15(4), 2023, 3547.

Calà A, Leone R, Saeli M., *Bivalve Mollusks Shells Valorisation and Recycling: Market Potentiality and Novel Building Products*. International Journal of Advances in Science Engineering and Technology 11(1), 2023, 132-138.



12.1 IDENTIFICATION DU DÉCHET

MATÉRIAU: Coquilles de moules

DIMENSION: 0-1 mm e 0-4 mm

PRODUCTEUR:

Azienda ittica siciliana

PESO SPECIFICO:

13.293 N/m³ - 13.841 N/m³

12.2 PRÉPARATION DU DÉCHET

1. Nettoyage à l'eau courante;
2. Séchage à 60 °C pendant 24h;
3. Broyage mécanique à l'aide d'un broyeur électrique;
4. Criblage de matériaux non traités;
5. Composition de l'étalement.

12.3 CONCEPTION D'UN MÉLANGE DE MORTIER

(par 100 g de gesso)

- LIANT:
GESSO | 100 g
- AGRÉGAT:
COQUE 0-1 E 0-4 mm | 150 g
- EAU | 80 g

12.4 PRÉPARATION DU MORTIER ET DES ÉCHANTILLONS

1. Introduction de poudres et d'eau dans le Mélangeur;
2. Mélange pendant 2 minutes à une vitesse de 140 rpm;
3. Introduction du mortier dans les moules pour le conditionnement;
4. Séchage pendant 7 jours dans un environnement contrôlé.

12.5 PROPRIÉTÉS DU MORTIER

MANIABILITÉ: 11 cm - 14.25 cm

DENSITÉ: 1304 kg/m³ - 1400 kg/m³

RÉSISTANCE À LA FLEXION:

1.77 Mpa - 2.61 MPa

RÉSISTANCE À LA

COMPRESSION:

6.70 Mpa - 5.73 MPa

CONDUCTIVITÉ: ...

W/mK

12.6 APPLICATIONS POSSIBLES

1. Crépi, enduit et plâtre de finition;
2. Panneau d'isolation thermo-acoustique.



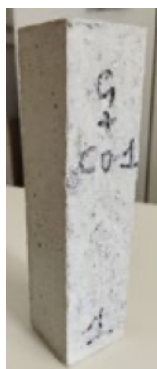
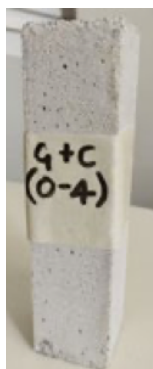
> Coquilles de moules 0-1 mm.



> Coquilles de moules 0-4 mm.



> Gesso.



Manfredi SAELI

Le café est une boisson obtenue par la mouture et la torréfaction des graines d'arbres tropicaux appartenant au genre *Coffea* de la famille des *Rubiaceés*. Certaines des variétés les plus populaires à des fins commerciales sont le robusta, l'arabica et l'indica. Le café est l'une des boissons les plus populaires au monde, sous différentes formes (espresso, arabica, café instantané, cappuccino, americano, etc.) et en termes de valeur économique, il s'agit de la marchandise la plus échangée après les produits pétroliers.

Le déchet se présente sous la forme d'une poudre brunâtre fortement aromatique en raison de la quantité de polyphénols présents et fortement humide du fait du processus de production de la boisson. La poudre a une forte tendance à se dégrader très rapidement (moisir) et constitue un excellent substrat pour les moisissures; le prétraitement doit donc être rapide et efficace.

APPLICATIONS EXISTANTES

- Alimentation humaine;
- Aliments pour bétail;
- Catalyseurs pour la production de biodiesel;
- Fertilisants;
- Matériaux de construction écologiquement durables.



1. IDENTIFICATION DU DÉCHET

MATÉRIAU: Poudre de café
DIMENSION: < 63 mm
SOURCE: déchets domestiques organiques
POIDS SPÉCIFIQUE: 0.4 g/cm³

2. PRÉPARATION DU DÉCHET

1. Séchage à 60 °C pendant 24h;
2. Broyage mécanique au mortier et au pilon;
3. Criblage;
4. Composition de l'étalonnage.

13.3 CONCEPTION D'UN MÉLANGE DE MORTIER

(par 100 g de gesso)

- LIANT: CHAUX HYDRAULIQUE NATURELLE | 100 g
- AGRÉGAT: SABLE SILICIEUX 0-4 mm | 270 g
- REMPLISSAGE: POUDRE DE CAFÉ <63 mm| 30 g
- EAU | 100 g

13.4 PRÉPARATION DU MORTIER ET DES ÉCHANTILLONS

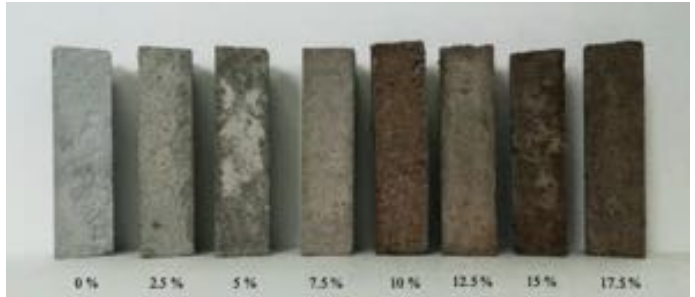
1. Introduction des précurseurs et de l'eau dans le mélangeur;
2. Mélange conformément à la norme EN 998-2:2016;
3. Formation des échantillons;
4. Séchage pendant 7 jours dans un environnement contrôlé;
5. Séchage pendant 21 jours à l'air.

13.5 RÉSULTATS

MANIABILITÉ: 18 cm
DENSITÉ: 1450 kg/m³
RÉSISTANCE À LA FLEXION :1.50 MPa
RÉSISTANCE À LA COMPRESSION: 3.5 MPa
CONDUCTIVITÉ: 0.25 W/mK

13.6 APPLICATIONS POSSIBLES

1. Enduit thermo;
2. Mortier décoratif;
3. Chapes allégées;
4. Panneau d'isolation thermo-acoustique.



BIBLIOGRAPHIE

- Saeli M., Capela M.N., Piccirillo C. *et al.*, *Development of energy-saving innovative hydraulic mortars reusing spent coffee ground for applications in construction*. Journal of Cleaner Production 399, 2023, 136664.
- Saeli M., Batra V.S., Singh R.K., Tobaldi D.M., Labrincha J.A., *The coffee-house: Up-cycling spent coffee grounds for the production of green geopolymic architectural energy-saving products*. Energy and Buildings 286, 2023, 112956.
- Saeli M., Capela M.N., Campisi T., Seabra P.M., Tobaldi D.M., La Fata C.M., *Architectural technologies for life environment: Spent coffee ground reuse in lime-based mortars. A preliminary assessment for innovative green thermo-plasters*. Construction and Building Materials 319, 2022, 126079.
- Saeli M., Campisi T., Batra V.S., Labrincha J.A., *Novel green bio-composite geopolymeric thermo-plasters for innovative building applications: upcycling spent coffee ground*. In E. Dassori, R. Morbiducci (a cura di), Memoria e Innovazione, Monfalcone: EdicomEdizioni, 2022, 991-1006.
- La Scalia G., Saeli M., Miglietta P.P., Micale R., *Coffee biowaste valorization within circular economy: an evaluation method of spent coffee grounds potentials for mortar production*. The International Journal of Life Cycle Assessment 26(9), 2021, 1805-1815.

Simona COLAJANNI, Tiziana CAMPISI
avec Vincenzo R. MARGIOTTA

Opuntia ficus-indica, communément appelé figue de Barbarie ou nopal, est une plante appartenant à la famille des *Cactacées*. Originaire d'Amérique centrale et d'Amérique du Nord, il a été introduit dans de nombreuses autres parties du monde pour ses nombreux bénéfices et utilisations, notamment dans le bassin méditerranéen, dans des zones telles que la Sicile et l'Afrique du Nord. Sa diffusion a été favorisée par sa grande adaptabilité aux climats arides et sa capacité à survivre dans des sols pauvres. La plante se caractérise par des tiges aplaties et segmentées, appelées cladodes qui peuvent atteindre une longueur de plusieurs centimètres. Ces cladodes sont couverts d'épines et de petits poils et contiennent une pulpe juteuse. Pour la production de fruits, la plante subit une taille des cladodes qui produisent beaucoup de déchets.

APPLICATIONS EXISTANTES

- Alimentation humaine
- Alimentation des animaux
- Production de colorants
- Utilisations médicales

BIBLIOGRAPHIE

Harrak H., *Assessment of technological and nutritional qualities of the powder of prickly pear cladodes at four ages of growth* (2021);
Trabelsi A. et al., *Mechanical properties and impact resistance of a high-strength lightweight concrete incorporating prickly pear fibres* (2020);
Aquilina A., *The application of Natural Organic Additives in Concrete: Opuntia ficus-indica* (2018).



14.1 IDENTIFICAZIONE DEL DECHET

MATERIAU: Pelles de figes de barbarie

DIMENSION: 0 - 4 mm et 0 - 1 mm de dadodes broyés

PRODUCTEUR: Exploitation agricole sicilienne (Santa Margherita Belice et San Cono)

Ps 0-4 mm : 5395 N/m³

Ps 0-1 mm : 4826

Ps 0-1 mm : 4826

14.2 PRÉPARATION DU DÉCHET

1. Séchage dans un four statique à 60 °C pendant 72 h;
2. Broyage mécanique à l'aide d'un broyeur électrique;
3. Tamisage du matériau non traité.

14.3 CONCEPTION D'UN MÉLANGE DE MORTIER

(par 100 g de gesso)

- GESSO | 100 g
- GESSO | 100 g
- F.I. 0-4 mm | 150 g
- F.I. 0-1 mm | 150 g
- EAU | 300 g
- EAU | 200 g

14.4 PRÉPARATION DU MORTIER ET DES ÉCHANTILLONS

1. Introduction de poudres et d'eau dans le Mélangeur;
2. Mélange pendant 2 minutes à une vitesse de 140 rpm;
3. Introduction du mortier dans les moules pour le conditionnement;
4. Séchage pendant 7 jours dans un environnement à température et humidité contrôlées.

14.5 RÉSULTATS

- MANIABILITÉ : 10 cm
- MANIABILITÉ : 10 cm
- DENSITÉ: 676 kg/m³
- DENSITÉ: 607 kg/m³
- FLESSIONE: 1.48 MPa
- FLESSIONE: 1.41 MPa
- COMPRESSION: 0.30 MPa
- COMPRESSION: 0.21 MPa
- CONDUCTIVITÉ: 0.11 W/mK
- CONDUCTIVITÉ: 0.09 W/mK

14.6 APPLICATIONS POSSIBLES

1. Crépi/enduit de plâtre;
2. Panneau d'isolation thermo-acoustique;
3. Panneau d'isolation en matériau en vrac.



> Figue de barbarie 0-4 mm.



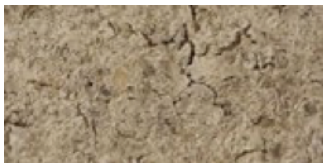
> Figue de barbarie 0-1 mm.



> Gesso + figue de barbarie (0-4 mm).



> Gesso + figue de barbarie (0-1 mm).



> Figue de barbarie 0-4 mm.



> Figue de barbarie 0-1 mm.



GESSO + COQUES DE PISTACHES

15

2 - 4 MM | 0,5 - 2 MM | < 0,5 MM

Federica FERNANDEZ

avec Maria Grazia INSINGA, Roberta BASILE

Selon les données de la FAOstat (2020) 2018, 90 % des pistaches sont produites par les États-Unis, la Turquie et l'Iran, avec une production de 1.239.007 tonnes/an. En Italie, un total d'environ 300.000 tonnes de fruits à coque sont produites par an et, selon les données de l'Istat de 2017, les surfaces consacrées à la pistache en Italie ne dépassent pas 4.000 hectares, pour une production d'un peu moins de 4.000 tonnes, concentrée presque exclusivement en Sicile.

À ce jour, les coques de pistaches n'ont pas d'utilisation industrielle ni de valeur économique significative, c'est pourquoi elles sont brûlées ou éliminées dans des décharges. La coque de la pistache constitue entre 51 et 69% du poids du fruit. De plus, la perte de poids de la coque de pistache est d'environ 75 à 80 % pendant la phase de chauffage en raison de sa structure cellulosique élavée.

APPLICATIONS EXISTANTES

- Alimentation humaine
- Biomasse combustible
- Insecticide naturel
- Art décoratif

BIBLIOGRAPHIE

Taghizadeh A., Rad-Moghadam K., *Green fabrication of Cu/pistachio shell nanocomposite using Pistacia Vera L hull: an efficient catalyst for expedient reduction of 4-nitrophenol and organic dyes*. *J. Clean. Prod.* 198, 2018, 1105e1119;

Kazankaya, A., Balta, F., Ozturk, N., Sonmez, F., *Mineral composition of pistachio (pistaciave-ra) from Sirt/Turkey*. *Asian J. Chem.* 20, 2008, 2337e2343;

Putun, A.E., Ozbay, N., Varol, E.A., Uzun, B.B., Ates, F., *Rapid and slow pyrolysis of pistachio shell: effect of pyrolysis conditions on the product yields and characterization of the liquid product*. *Int. J. Energy Res.* 31, 2007, 506e514.



15.1 IDENTIFICATION DU DÉCHET

MATÉRIAU: Coques de pistaches DIMENSION:
<0,5 mm 10,5 – 2mm
12 – 4 mm

PRODUCTEUR: District de la Confiserie
de Sicile

POIDS SPÉCIFIQUE: 2.4 g/cm³

15.2 PRÉPARATION DU DÉCHET

1. Broyage mécanique à l'aide d'un
broyeur électrique

2. Tamisage du matériau non traité

15.3.1 CONCEPTION D'UN MÉLANGE DE MORTIER

(par 100 g de matière sèche)

- GESSO | 60 g
- COQUES DE PISTACHES 2-4 mm: 40 g
- EAU | 50 g

RÉSULTATS

Maniabilité: 8/10 Densité:

1,11 g/cm³

Flexion: 0.41 Mpa

Compression: 2.04 MPa

Conductivité: 0.235 W/mK

15.3.2 CONCEPTION D'UN MÉLANGE DE MORTIER

(par 100 g de matière sèche)

- GESSO | 80 g
- COQUES DE PISTACHES 0,5-2mm: 15 g
- SABLE (0.075-0.6 mm): 5 g
- EAU | 70 g

RÉSULTATS

Maniabilité: 10/10

Densité: 1.05 g/cm³

Flexion: 0.52 Mpa

Compression: 4.14 MPa

Conductivité: 0.231 W/mK

15.3.3 CONCEPTION D'UN MÉLANGE DE MORTIER

(per 100 g di secco)

- GESSO | 80 g
- COQUES DE PISTACHES <0,5: 75 g
- SCIURE DE BOIS DE SAPIN (<0.5 mm)
7.5 g
- SABLE (0.075-0.6 mm): 5 g
- EAU | 65 g

RÉSULTATS

Maniabilité: 10/10

Densité: 1.04 g/cm³

Flexion: 1.72 Mpa

Compression: 4.72 MPa

Conductivité: 0.248 W/mK

15.4 APPLICATIONS POSSIBLES

1. Crépi/enduit de plâtre

2. Enduit d'isolation thermo-acoustique



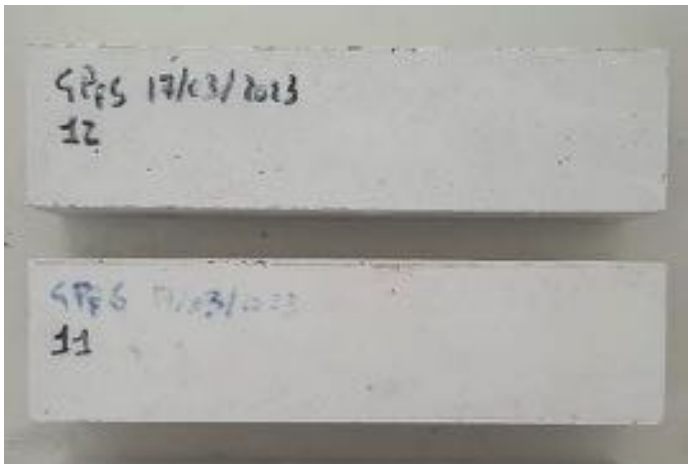
> Coques de pistaches <0,5 mm.



> Coques de pistaches 2-4 mm.



> Gesso.



GESSO + PELURE D'ORANGE

2 - 4 MM | 0,5 - 2 MM | < 0,5 MM

Federica FERNANDEZ

avec Maria Grazia INSINGA, Roberta BASILE

L'orange est le fruit le plus cultivé au monde et représente environ 50 à 60 % de la production totale d'agrumes. Plus de 76 millions de tonnes d'oranges sont consommées chaque année dans le monde et leur transformation génère une grande quantité de déchets, principalement constitués de pelures. Les sous-produits issus des déchets d'agrumes sont principalement utilisés pour la production d'énergie, comme source de nutriments pour les industries pharmaceutiques, alimentaires et cosmétiques. La composition chimique de la pelure des agrumes est généralement influencée par les conditions climatiques extérieures, la méthode de culture et de maturation et le type de fruit. Elle se compose principalement de cellulose, de pectine, de sucre, d'acides, de lipides, d'éléments minéraux, d'huile essentielle et de vitamines.

APPLICATIONS EXISTENTES

- Alimentation humaine
- Alimentation des animaux
- Production d'énergie
- Production pharmaceutique

BIBLIOGRAPHIE

Satari, B; Karimi, K. Citrus processing wastes: Environmental impacts, recent advances, and future perspectives in total valorization. *Resour. Conserv. Recycl.*, 2018, 129, 153-167.



16.1 IDENTIFICATION DU DÉCHET

MATÉRIEL: Pelures d'orange séchées et moulues

DIMENSIONS: <0,5 mm 0,5 – 2mm 2 – 4 mm

PRODUCTEUR: SunPro Srl

16.2 PRÉPARATION DU DÉCHET

1. Séchage dans un four statique à 60 °C pendant 72 h
2. Broyage mécanique à l'aide d'un broyeur électrique
3. Tamisage de la matière

16.3 CONCEPTION D'UN MÉLANGE DE MORTIER

(pour 100 g de matière sèche)

- Introduction de poudres et d'eau dans le Mélangeur
- Mélange pendant 2 minutes à une vitesse de 140 rpm
- Introduction du mortier dans les moules pour le conditionnement
- Séchage pendant 7 jours dans un environnement à température et humidité contrôlées

16.4.1 PRÉPARATION DU MORTIER ET DES ÉCHANTILLONS

GESSO | 80 g

PELURES D'ORANGE SÉCHÉES <0,5 mm | 7,5 g

SCIURE DE BOIS DE SAPIN <0,5 mm | 7,5 g

SABLE 0,075 – 0,6 mm | 5 g

EAU | 70 g

RÉSULTATS

Maniabilité: 10/10

Densité: 0,97 gr/cm³

Flexion: 0,84 Mpa

Compression: 2,80 Mpa

Conductibilité thermique: 0,153 W/m·K

16.4.2 PRÉPARATION DU MORTIER ET DES ÉCHANTILLONS

GESSO | 80 g

PELURES D'ORANGE SÉCHÉES 0,5 -2mm | 15 g

SABLE 0,075 – 0,6 mm | 5 g

EAU | 70 g

RÉSULTATS

Maniabilité: 8/10

Densité: 0,92 gr/cm³

Flexion: 0,45 Mpa

Compression: 1,36 MPa

Conductibilité thermique: 0,155 W/m·K

16.4.3 PRÉPARATION DU MORTIER ET DES ÉCHANTILLONS

GESSO | 80 g

PELURES D'ORANGE SÉCHÉES 2-4 mm | 7,5 g

SCIURE DE BOIS DE SAPIN <0,5 mm | 7,5 g

SABLE 0,075 – 0,6 mm | 5 g

EAU | 70 g

RÉSULTATS

Maniabilité: 7/10

Densité: 0,96 gr/cm³

Flexion: 0,53 Mpa

Compression: 1,45 MPa

Conductibilité thermique: 0,150 W/m·K

16.6 APPLICATIONS POSSIBLES

1. Crépi/enduit de plâtre;
2. Enduit d'isolation thermo-acoustique.



> Gesso



> Pelure d'orange 2-4 mm.



> Pelure d'orange <0,5 mm.



ARGILLE + COQUES DE PISTACHES

17

0,5 -2 MM | < 0,5 MM

Federica FERNANDEZ

avec Maria Grazia INSINGA, Roberta BASILE

Selon les données de la FAOstat (2020) 2018, 90 % des pistaches sont produites par les États-Unis, la Turquie et l'Iran, avec une production de 1.239.007 tonnes/an. En Italie, un total d'environ 300.000 tonnes de fruits à coque sont produites par an et, selon les données de l'Istat de 2017, les surfaces consacrées à la pistache en Italie ne dépassent pas 4.000 hectares, pour une production d'un peu moins de 4.000 tonnes, concentrée presque exclusivement en Sicile.

À ce jour, les coques de pistaches n'ont pas d'utilisation industrielle ni de valeur économique significative, c'est pourquoi elles sont brûlées ou éliminées dans des décharges. La coque de la pistache constitue entre 51 et 69% du poids du fruit. De plus, la perte de poids de la coque de pistache est d'environ 75 à 80 % pendant la phase de chauffage en raison de sa structure cellulosique élevée.

APPLICATIONS EXISTANTES

- Alimentation humaine
- Biomasse combustible
- Insecticide naturel
- Art décoratif

BIBLIOGRAPHIE

Achenza M., Sanna U., *I manuali di recupero dei centri storici della Sardegna - Il manuale tematico della terra cruda*, Tipografia del Genio Civile.

Mattone M., *Intonaci in terra e gesso per la protezione delle costruzioni in terra cruda*, VIII Congreso de Tierra en Cuenca de Campos, Valladolid, 2011.

Putun, A.E., Ozbay, N., Varol, E.A., Uzun, B.B., Ates, F., *Rapid and slow pyrolysis of pistachio shell: effect of pyrolysis conditions on the product yields and characterization of the liquid product*. Int. J. Energy Res. 31, 2007, 506e514.



17.1 IDENTIFICATION DU DÉCHET

MATÉRIAU: Coques de pistaches
DIMENSION: <0,5 mm I 0,5 – 2mm
PRODUCTEUR: District de la
Confiserie de Sicile
POIDS SPÉCIFIQUE: 2.4 g/cm³

17.2 PRÉPARATION DU DÉCHET

1. Broyage mécanique à l'aide d'un broyeur électrique
2. Tamisage du matériau non traité

17.3 PRÉPARATION DU MORTIER ET DES ÉCHANTILLONS:

1. Introduction de poudres et d'eau dans le Mélangeur
2. Mélange pendant 2 minutes à une vitesse de 140 rpm
3. Introduction du mortier dans les moules pour le conditionnement sans compression
4. Séchage pendant 21 jours dans un environnement contrôlé.

17.4.1 CONCEPTION D'UN MÉLANGE DE MORTIER

(par 100 g de matière sèche) ARGILLE| 75 g
COQUES DE PISTACHES 0,5-2 mm| 0,5 g
SCIURE DE BOIS DE SAPIN <0,5 mm | 2,5 g
SABLE (0.075-0.6 mm): 20 g EAU | 30 g

RÉSULTATS

Maniabilité : 8/10
Flexion: 0.26 Mpa
Compression: 1.13 MPa
Conductibilité: 0.267 W/mK

17.4.2 CONCEPTION D'UN MÉLANGE DE MORTIER

(par 100 g de matière sèche) ARGILLE| 75 g
COQUES DE PISTACHES <0,5 mm : 5 g
SABLE (0.075-0.6 mm): 20 g
EAU | 30 g

RÉSULTATS

Maniabilité: 8/10
Flexion: 0.19 Mpa
Compression: 0.89 MPa
Conductibilité: 0.286 W/mK

17.5 APPLICATIONS POSSIBLES

1. Crépi/enduit de plâtre
2. Enduit d'isolation thermo-acoustique



> Argille.



> Coques de pistaches <0,5 mm.



> Coques de pistaches 0,5-2 mm.



ARGILE + PELURE D'ORANGE

< 0,5 MM

Federica FERNANDEZ

avec Maria Grazia INSINGA, Roberta BASILE

L'orange est le fruit le plus cultivé au monde et représente environ 50 à 60 % de la production totale d'agrumes. Chaque année, plus de 76 millions de tonnes d'oranges sont consommées dans le monde et la transformation génère une quantité énorme de déchets, essentiellement constitués de pelures. Les sous-produits dérivés des déchets d'agrumes sont principalement utilisés pour la production d'énergie, en tant que source de nutriments pour les industries pharmaceutiques, alimentaires et cosmétiques. La composition chimique de la pelure des agrumes est généralement influencée par les conditions climatiques extérieures, la méthode de culture et de maturation et le type de fruit. Et elle se compose principalement de cellulose, de pectine, de sucre, d'acides, de lipides, d'éléments minéraux, d'huile essentielle et de vitamines.

APPLICATIONS EXISTANTES

- Alimentation humaine
- Alimentation des animaux
- Production d'énergie
- Production pharmaceutique

BIBLIOGRAPHIE

Achenza M., Sanna U., *I manuali di recupero dei centri storici della Sardegna - Il manuale tematico della terra cruda*, Tipografia del Genio Civile.

Satari, B; Karimi, K. Citrus processing wastes: Environmental impacts, recent advances, and future perspectives in total valorization. *Resour. Conserv. Recycl.*, 2018, 129, 153–167.



1. IDENTIFICATION DU DÉCHET

MATÉRIAU: Pelures d'orange
séchées et moulues
DIMENSION: < 0,5 mm
PRODUCTEUR: SunPro Srl

2. PRÉPARATION DU DÉCHET

1. Séchage dans un four statique à 60 °C pendant 72 h
2. Broyage mécanique à l'aide d'un broyeur électrique
3. Tamisage de la matière

18.3 CONCEPTION D'UN MÉLANGE DE MORTIER

(pour 100 g de matière sèche)

- Introduction de poudres et d'eau dans le mélangeur
- Mélange pendant 2 minutes à une vitesse de 140 rpm
- Introduction du mortier dans les moules pour le conditionnement sans compression
- Séchage pendant 21 jours dans un environnement à température et humidité contrôlées

18.4 PRÉPARATION DU MORTIER ET DES ÉCHANTILLONS

ARGILE | 70 g
PELURES D'ORANGE SÉCHÉES < 0,5 mm | 5 g
SABLE 0,075–0,6 mm | 25 g
EAU | 37,4 g

RÉSULTATS

Maniabilité: 8/10
Flexion: 0,12 Mpa
Compression: 0,38 Mpa
Conductibilité thermique: 0,212 W/m·K

18.5 APPLICATIONS POSSIBLES

1. Crépi/enduit de plâtre;
2. Enduit d'isolation thermo-acoustique.



> Argille.



> Pelure d'orange < 0,5 mm.



Fadhel M'HIRI

avec Khitem MENSI, Cheima BENNASR

PRÉSENTATION GÉNÉRALE :

le dattier ou palmier-dattier (*Phoenix dactylifera* L.) est une espèce de plantes monocotylédones de la famille des Arécacées (Palmiers), qui a été exploitée et cultivée depuis plusieurs millénaires au Moyen-Orient et dans le nord de l'Afrique. Cette espèce est très bien adaptée aux climats de type saharien et dans les régions les plus arides du Globe. En Tunisie les palmerais sont implantés principalement à Kébili (58%), Tozeur (21%), Gabès (16%) et Gafsa (5%)

UTILISATION :

Le palmier-dattier est caractérisé par ses usages multiples, il fournit essentiellement :

- Les dattes consommées fraîches, sèches ou sous forme de produits dérivés;
- Les troncs et les feuilles pour les toits et les clôtures;
- Les noyaux servent à l'engraisement du cheptel;
- La sève qui s'écoule du stipe est exploité comme vin à consommer frais ou fermenté.

BIBLIOGRAPHIE

A. Chehema et HF. Longo (2001): *Valorisation des Sous-Produits du Palmier Dattier en Vue de leur Utilisation en Alimentation du Bétail*

Tuan Anh Phung (2018): *Formulation et caractérisation d'un composite terre-fibres végétales: la bauge*

Muriel Gros-Balthazard, Claire Newton, Sarah Ivorra, Margareta Tengberg, Jean-Christophe Pintaud et Jean-Frédéric Terral (2019): *Origines et domestication du palmier dattier (Phoenix dactylifera L.)*

BELLEL Nadjoua (2021): *Elaboration et Caractérisation Physico Chimique des Matériaux Biosourcés*



IDENTIFICATION

- Fibres de palmier issu des feuilles de palmier Dattier,
- Taille des fibres: d'épaisseur varie entre 0,5 – 1 mm et longueur varie entre 1 – 5 mm
- Couleur: Verdâtre



MODE OPÉRATOIRE

- Séchage à l'Étuve à une température de 120°C pendant 72h
- Broyage à l'aide d'un broyeur – mixeur à couteaux
- Tamisage.



COMPOSITION DU

- 60 -70 % de plâtre
- 2-4% de Fibre de palmier
- Eau

MÉLANGE

1. Mélange à sec de plâtre avec les fibres de palmier
2. Ajout de la quantité d'eau et mélange
3. Insertion du mélange dans les moules
4. Séchage à la température ambiante.



PRODUITS FINIS

- Briques de dimension 4*4*16 cm
- Briques de dimension: 4*4*4 cm
- Test d'enduit sur des briques de Terre compressées (BTC)

RÉSULTATS

Comportement

- Briques auto-stables lors de dé-moulage
- Enduit bien accroché sur la Brique de terre compressé

Aspect

Des briques blanchâtres mouche-tées avec des pigments en nuance de vert de gris

Texture au toucher: lisse

Conductivité: 0,33 W/mk.



Mazigh BECHIR
avec Kaïs CHANIOUR

UTIQUE : HISTOIRE DU SITE ET AUTOUR DU SITE :

Utique est le premier comptoir phénicien en Tunisie, dont la fondation qui daterait probablement de l'an 1001 avant J-C. il est considéré comme l'aîné de la célèbre cité de Carthage et les deux faisaient partie des villes-comptoirs, fondés dans le cadre des activités commerciale phéniciennes de Tyr. Le site archéologique d'Utique, a fait l'objet d'un premier projet avec le programme de coopération transfrontalière Italie-Tunisie 2007-2014, intitulé APER, qui a abordé le sujet de l'architecture domestique à l'époque punique, romaine et hellénistique. Ensuite dans le cadre du programme Italie-Tunisie 2014-2020, le projet CUBATI, a voulu faire bénéficier le même site d'un bâtiment expérimental dans lequel seront « visualisés » les résultats issus de la recherche concernant les techniques et les matériaux de construction, aspect que le projet a traité. Cette volonté s'inscrit dans une suite logique entre les deux projets APER et CUBATI en essayant de mettre en valeur des idées et des objectifs en relation avec l'architecture de qualité et le patrimoine bâti.

L'INTERVENTION/ LE BÂTIMENT EXPÉRIMENTAL :

L'idée première était de construire un nouveau bâtiment, mais cette démarche a été abandonnée en faveur d'une autre qui consiste à réaménager une entité existante qualifiée d'anarchique. Ce changement allait épargner le site d'une énième construction, susceptible d'altérer l'équilibre déjà précaire (sur le plan quantitatif) entre les bâtiments modernes et les vestiges archéologiques visibles et visitables. Cette entité à réaménager présentait cependant des sérieux problèmes, comme l'humidité, de la moisissure et un confort thermique





Programme cofinancé par l'Union Européenne



inexistant Le projet de réaménagement consiste à ré-envelopper les anciens locaux par des blocs de terre comprimée (BTC), un produit avec une inertie assez importante, et pallier au manque d'espace de travail par la construction de deux nouvelles cellules (un bureau et une loge de gardien) l'ensemble sera harmonieux sur le plan esthétique et il répond aux normes de construction pour un confort thermique adéquate. Le projet de réaménagement, apportera un minimum de confort thermique et garantira un air salubre, respirable pour les utilisateurs.

LES BLOCS DE TERRE COMPRIMÉS OU LE BTC :

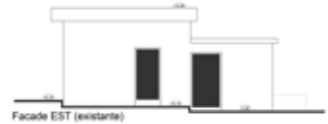
C'est un produit en fabrication en Tunisie, il est à base de terre crue, avec quelques additifs (en quantités infimes), le mélange obtenu sera comprimé mécaniquement, les blocs n'ont pas besoin d'être cuits. C'est un produit issu de la nature, qui a une empreinte carbone très faible (non énergivore lors de la fabrication), sa mise en œuvre sur chantier est simple, comme les jeux de LEGOS, les blocs s'emboîtant les uns dans les autres. Les essais ont prouvé la stabilité du produit et sa résistance face aux intempéries, ; il est apprécié pour ses qualités écologiques et énergétiques prouvées en laboratoire. Fabriqué à partir d'un produit naturel, la terre crue, ces blocs associés à des enduits de même nature, ne peuvent être que bénéfiques à notre santé. Aujourd'hui dans nos habitats (réalisés avec les matériaux standard du marché de la construction) nous respirons de l'air pollué avec les polyphénols, ces toxines qui se propagent dans nos espaces confinés à cause des produits chimiques

dans les enduits, dans les peintures à base de plomb de résines et dans les bois composites. Des études ont montré qu'en dormant dans sa chambre en présence de produits toxiques précités, l'air respiré est équivalent à celui qu'on respire si nous étions dans la rue à midi pendant un pic de circulation !

QUEL AVENIR POUR NOS RÉALISATIONS, DANS LES SITES ARCHÉOLOGIQUES :

Aujourd'hui certaines de nos installations destinées à l'exploitation des sites archéologiques, sont en fin de vie, donc, il est temps de les revoir, mais sous un autre angle. Dans le futur, on voudrait des bâtisses de qualité, respectueuses de l'environnement, des utilisateurs, des bâtisses intelligentes, autonomes sur le plan énergétique. L'AMVPPC

s'attèle à s'inscrire dès l'heure dans cette démarche de décarbonisation, un fléau mondial qui touche tous les secteurs d'activité, et cela, pour laisser un patrimoine naturel sain aux futures générations.



Fadhel M'HIRI

avec Khitem MENSI, Cheima BENNASR

PRÉSENTATION GÉNÉRALE :

L'éco-construction ou la construction durable prend de l'ampleur en Tunisie, reflétant l'engagement du pays envers le développement durable. Cette approche favorise l'utilisation de matériaux durables et locaux, contribuant ainsi à la préservation des ressources naturelles du pays. L'efficacité énergétique est au cœur de l'éco-construction en Tunisie, avec des bâtiments conçus pour minimiser la consommation d'énergie grâce à l'utilisation de techniques d'isolation avancées. Ces projets intègrent également des systèmes de collecte des eaux de pluie, des dispositifs d'économie d'eau et des pratiques d'aménagement paysager respectueuses de l'environnement.

OBJECTIF DU PROJET :

Construire un bâtiment écologique de 81 m² au CITET. Ce projet vise la création d'une matériauthèque spécialement conçue pour l'exposition des matériaux durables et novateurs.

BIBLIOGRAPHIE

Dorra Ismail(2009), *La pensée en architecture au "risque" de l'évènementialité.*

Jean-Claude Mengoni (2011), *La construction écologique.*

Jean-Pierre Oliva, Samuel Courgey (2023), *L'isolation thermique écologique. Conception, matériaux, mise en œuvre.*



COMPOSANTES DU BÂTIMENT :

- Hall d'accueil (2m x 1,5m).
- Magasin de stockage avec bureau et étagères (3m x 4m).
- Matériauthèque dédiée à l'exposition (7m x 5m).

MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION :

Briques de terre compressées, bois, plâtre, fibre de palmier, granulats issus d'un procédé tunisien de valorisation des déchets de construction et de démolition, les matériaux biosourcés testés dans les laboratoires du CITET etc.

CONSTRUCTION ÉCOLOGIQUE AU SERVICE ET L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE :

- Intégration des arbres existants.
- Éclairage optimisé et éco-énergétique.
- Système de récupération des eaux de ruissellement.
- Recyclage des déchets de chantier.
- Utilisation et valorisation des déchets de construction et de démolition.

FINANCEMENT :

45,000 euros alloués par l'Union Européenne via le programme IEV de coopération Italie-Tunisie 2014-2020.

SPÉCIFICITÉS ARCHITECTURALES DU BÂTIMENT :

- Ouverture sur l'environnement, la vie et la nature.
- Transparence et ventilation naturelle des espaces intérieurs.
- Fonctionnalité optimisée pour les personnes à mobilité réduite.
- Construction écologique avec brique compactée et isolation thermique.
- Projet polyfonctionnel avec Hall d'accueil, Bureau et matériaux dédiés à l'exposition.

SÉCURITÉ :

- Protection contre les attaques de champignons et insectes pour les ouvrages en bois.
- Conformité aux normes de sécurité incendie.



Giuseppe GUGLIELMINO
avec Fabrizio RAGUSA**ENDUITS DE COCCIOPESTO**

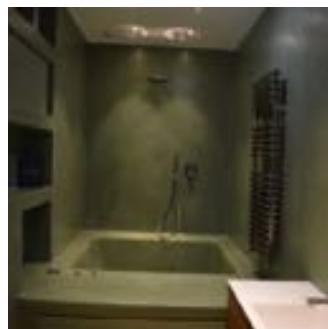
L'enduit «Cocciopesto Guglielmino», à base de chaux hydraulique nationale et de cocciopesto, se compose de trois couches qui coopèrent bien et qui, ensemble forment un «système d'enduit» en mesure de protéger et d'embellir la maçonnerie. Il est particulièrement adapté à la récupération et à la restauration de bâtiments dans les centres historiques, ainsi qu'à de nouvelles solutions architecturales.

AUTRES QUALITÉS DU COCCIOPESTO

Le «Cocciopesto Guglielmino» est produit à partir de briques tendres et présente donc un poids spécifique plus faible et une porosité plus élevée. Ces caractéristiques confèrent aux mélanges un niveau élevé de respirabilité, favorisant la régulation hygrométrique de l'environnement intérieur et garantissant une meilleure habitabilité et salubrité.

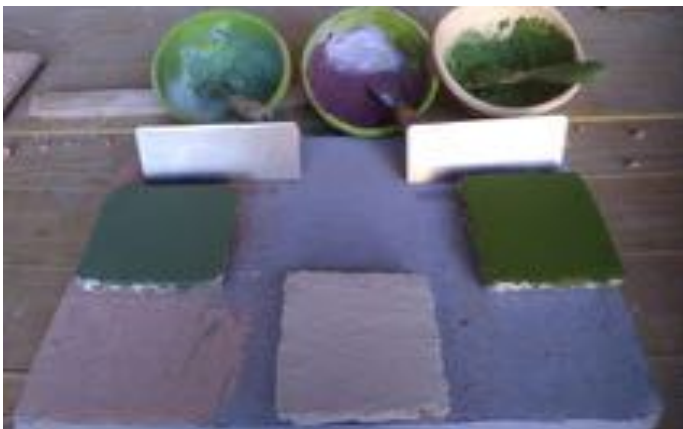
BIBLIOGRAPHIE

"...Perché gli intonaci possano avere una buona durata e non siano difettosi è necessaria una sgrossatura a base di cocciopesto e calce, che funge da collante tra le parti" (Vitruve «De Architettura», livre VII chap. IV, 1er siècle avant J.-C.).



LABORATOIRE GUGLIELMINO

- L'entreprise possède un laboratoire interne qui permet de concevoir des mélanges de mortiers à utiliser dans des cas spécifiques.
- Les projets qui peuvent être demandés sur une base ad «hoc» sont les suivants:
- Couleurs à la demande;
- Mortiers à fonctions spécifiques: respirabilité, déshumidification, consolidation...;
- Stratigraphie par conception;
- Production des échantillons d'artefacts;
- Test de matières premières innovantes.



Giuseppe GUGLIELMINO
avec Fabrizio RAGUSA

BATTU EN COCCIOPESTO

Le revêtement de sol de cocciopesto Guglielmino, à base de chaux hydraulique naturelle et de cocciopesto, peut être travaillé et posé selon deux techniques différentes, suivant les besoins du client et les caractéristiques de l'environnement :

- Revêtements de sol en cocciopesto à double couche;
- Revêtements de sol monocouche en cocciopesto.

AUTRES QUALITÉS DU COCCIOPESTO

Le «Cocciopesto Guglielmino» est produit à partir de briques tendres et peut donc avoir un poids spécifique et une porosité plus faibles. Ces caractéristiques confèrent aux mélanges un niveau élevé de respirabilité, favorisant la régulation hygrométrique de l'environnement intérieur et garantissant une meilleure habitabilité et salubrité.

BIBLIOGRAPHIE

Les Romains appelaient cette technique d'exécution "opus signinum" (d'après le nom de la ville de Signiu, aujourd'hui Segni). Revêtement de sol en terrazzo (ou cocciopesto occidental) où une couche de mortier de haute qualité est mélangée à de la poudre de terre cuite, à des particules d'argile cuite et à des pierres blanches uniques (généralement de la pierre à chaux).



GUGLIELMINO
Matte naturali per la bioedilizia



Programma cofinanziato
per l'Unione Europea



PASTELLONE DE COCCIOPESTO

Revêtement de pastellone de cocciopesto du type «GUGLIELMINO», constitué d'un mélange de cocciopesto de différentes granulométries, de sables siliceux, de fragments volcaniques, de sables carbonatés, de chaux hydraulique naturelle NHL 3,5, de fibres anti-rétrécissement et structurelles et d'un additif spécial rétenteur d'eau. Les couleurs et le grain sont spécialement conçus pour répondre aux exigences techniques et environnementales et aux caractéristiques de leur emplacement d'installation.

Généralement, la couche de finition du pastellone est posée sur une «chape» sans retrait.



Giuseppe GUGLIELMINO
avec Fabrizio RAGUSA

AVANTAGES DES ENDUITS EN TERRE CRUE

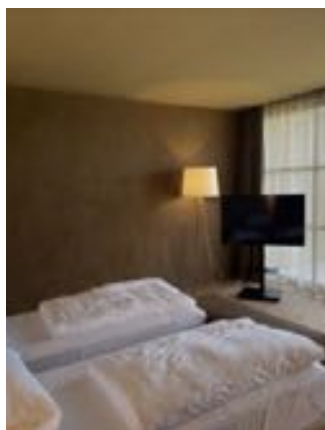
Les principaux avantages du système de construction en «éléments de terre crue» peuvent être résumés comme suit:

- utilisation minimale de combustibles fossiles;
- réduction des émissions de CO₂;
- réduction des émissions de polluants (SO_x, NO_x, HF);
- climat intérieur optimal grâce à une masse élevée et à une grande capacité de régulation de l'humidité;
- totalement recyclable.

TECHNIQUES DE POSE

Il existe dans le monde plus d'une vingtaine de techniques traditionnelles basées sur l'utilisation de la terre crue pour la construction de bâtiments, mais on peut les regrouper en deux principaux types:

- Les techniques «humides»: l'utilisation de terre, d'argile et de béton formés sur place à l'aide de coffrages et d'eau;
- Les techniques «secs»: l'utilisation de briques d'argile non cuites produites hors site, industriellement, et assemblées sur le chantier.



GUGLIELMINO
Maite naturali per la bioedilizia

UTILISATIONS DE LA TERRE CRUE

Il est possible de construire des murs porteurs, des cloisons ou des murs extérieurs avec un haut degré d'isolation thermique.

Dans tous les cas, le large éventail de techniques de revêtement utilise un mélange de gravier, de sable, de silt et d'argile dans des pourcentages variables. La consistance de ce mélange varie de plastique à liquide, ou la terre peut être juste un peu humide.

AUTRES QUALITÉS DE LA TERRE CRUE

Par exemple, sa bonne respirabilité permet d'obtenir des murs sans condensation. Il a la capacité de réguler l'humidité de l'air, quand il est trop sec ou trop humide. Aucun polluant «indoor» (intérieur) n'est présent, ce qui en fait un produit adapté aux environnements sains.

Son inertie thermique, c'est-à-dire sa capacité de conservation de la chaleur et son coefficient d'isolation thermique élevé, est également remarquable. Cette qualité permet d'économiser sur les coûts de fonctionnement du chauffage.



Giuseppe GUGLIELMINO
avec Fabrizio RAGUSA

PRODUITS ECOPA

Les produits ECOPA® sont conçus dans une perspective de construction durable et d'économie circulaire, il s'agit essentiellement de produits fabriqués à partir de matériaux et d'agréats naturels et de qualité, avec une très faible consommation d'énergie. Ces matériaux ont notamment l'avantage d'être 0 km, facilement disponibles, à faible impact environnemental, à faible émissivité, recyclables et/ou recyclés, biodégradables et facilement jetables, limitant ainsi les risques pour l'environnement.

La proposition ECOPA® inclut des idées et des solutions adaptées à l'isolation, à la construction, au revêtement et à la décoration intérieure et extérieure.

GUGLIELMINO
Maitre naturali per la bioedilizia

BRIQUE ECOPA 2.0

Il s'agit d'un bloc composé de deux éléments: la paille et le mortier de chaux naturelle. Dans son aspect, elle se présente comme une éco-brique dans laquelle la paille constitue la matière première, la masse principale et le mortier de chaux constitue le liant: le résultat est un matériau d'isolation très performant aux capacités remarquables.

En tant qu'éco-brique, elle satisfait aux principales exigences en matière de résistance mécanique, de conductivité thermique, de perméabilité à la vapeur, de résistance au feu, de rapport poids/résistance et de durabilité environnementale.

Les dimensions sont de 40 x 20 x 10 cm, ce qui rend l'éco-brique maniable, facilement transportable et d'une excellente ductilité à l'usage.

LES PROPRIÉTÉS DE BASE SONT LES SUIVANTES:

- Isolation thermique
- Isolation acoustique
- Respirabilité
- Capture du CO2
- Décarbonisation
- Résistance au feu
- Recyclabilité
- Salubrité



Danilo SCHININNÀ

BALLES DE PAILLES:

Nous utilisons la balle de paille comme brique isolante pour construire des structures à haute performance énergétique, tout en exploitant le potentiel d'un matériau qui est en fait un déchet dans la chaîne de production alimentaire. La maison durable par excellence. Nous utilisons également des fibres de bois, du liège, de la laine de mouton etc.

PARTICULAIRES:

Une structure en bois et paille est la technique de construction conçue pour le bâtiment, enduit de terre crue provenant de l'endroit où il sera construit.

La nôtre est une recherche continue qui se déroule dans le temps, nous revalorisons beaucoup d'autres matériaux utilisés dans le passé. Nous avons relancé l'utilisation du canapulo, un matériau historiquement connu en Italie, qui mélangé à de la chaux éteinte crée un enduit thermique simple mais exceptionnellement efficace.

Nous sommes spécialisés dans l'utilisation de la terre crue pour les enduits et les sols ainsi que de techniques telles que le tadelakt, une ancienne pratique marocaine qui nous permet de laisser libre cours à notre imagination dans la création de salles de bains design.



> Plancher en terre crue.



PLANTATIONS DU MAISON MARCELLO:

Le bâtiment a une double signification: une maison conçue pour vivre/habiter avec le confort contemporain mais avec un regard sur les grandes civilisations des temps passés.

PLANTATIONS DU THÉÂTRE MARCELLO :

Un théâtre où il y a la Grèce avec les gradins, il y a Rome avec l'ellipse, il y a le théâtre italien, élisabéthain, l'Olimpico de Vicence, l'EUR etc.

FAÇADE EST, FAÇADE OUEST, SECTION TRANSVERSALE:

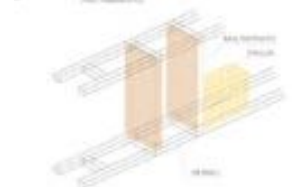
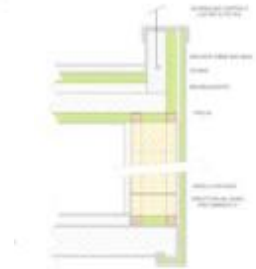
Le théâtre doit embrasser la scène. Il est nécessaire que tout le monde voie, que tout le monde ressente un événement produit par l'homme ou ce que la nature nous offre à chaque coucher de soleil.

VUE D'ENSEMBLE, VUE DU THÉÂTRE 2:

La Maison de théâtre Marcello, en mémoire de Marcello Perracchio.

VUE DE L'ENTRÉE:

Il est situé en hauteur et offre une vue sur la mer. La piscine/impluvium est orientée à l'ouest. Parce que c'est de l'ouest que la chaleur vient nous rafraîchir. Et parce que c'est vers l'ouest que se produit chaque soir l'événement tragique spectaculaire.



Abdelmalek GHANNEM

L'usine SOIB produit les blocs de terre comprimée et stabilisée. Le cycle de production compte 28 jours et passe par des différentes phases à savoir le criblage, le malaxage, le pressage, le curage et l'emballage.

La société SOIB est une société anonyme de droit tunisien qui a été créée en Juillet 2009, son promoteur est Mr Abdelmalek GHANNEM, ancien universitaire qui a bénéficié d'un congé pour création d'entreprise dans le cadre de la loi sur l'initiative économique de 2007. Elle est entrée en production en septembre 2010.

La terre crue intéresse aujourd'hui le monde de la construction car elle constitue une réponse pertinente aux exigences de décarbonation. Mais elle offre aussi des qualités d'inertie et d'hygrométrie qui participent au confort thermique.

L'objectif est donc d'utiliser les déchets des mines, des carrières et les déblais des chantiers pour les transformer en ressource constructive, c'est-à-dire produire des matériaux à base de terre crue. En s'appuyant sur une logique de filière locale, il devient ainsi possible de réaliser des bâtiments à faible empreinte carbone s'inscrivant dans une démarche économique plus compétitive.

1. LE PRODUIT:

L'usine SOIB fabrique les blocs de terre comprimée et stabilisée. Les formes de chaque bloc lui permettent d'être utilisé sans mortier de pose ; c'est comme le jeu de LEGO. Le bloc est posé sur l'autre facilement sans mortier. De ce fait, la maçonnerie à sec peut favoriser même l'auto-construction, et la présence d'un technicien ne sera que pour faciliter le premier chantier.

Les épaisseurs des blocs varient de 22cm pour le mur de l'enceinte ou de l'extérieur de la maison jusqu'à 6cm pour les cloisons. Les blocs de 22cm viennent remplacer le mur



conventionnel en brique cuite de presque 40cm (en double cloison avec couche d'accrochage et enduit intérieur et extérieur) ce qui fait 20% de gain sur la superficie habitable chez le client qui construit sa maison avec les blocs .Il peut gagner une chambre de plus.

2. LES AVANTAGES DES BLOCS ÉCOLOGIQUES ET DURABLES:

2.1 RESPECT DE L'ENVIRONNEMENT ET VALORISATION DES DÉCHETS DE TERRE CRUE

Les blocs sont produits sous haute compression, sans besoin d'un four pour la cuisson .le séchage se fait à l'air libre sans besoin des sècheurs. La matière première réceptionnée peut être consommée à 100% pour fabriquer les blocs .les grosses pierres qui sortent du crible peuvent être broyées et retourner au cycle de production.

La société s'approvisionne de la matière première des sites de la région (les déchets de l'ancienne mine de Ghezala , les déchets de la carrière de sidi Salem ,El Alia, Zouaouine et des déchets de la mine de fer de Tamra.

3. UNE SOLUTION INNOVANTE ET ECONOMIQUE:

- La construction SOIB est trois fois plus rapide que la construction conventionnelle .Le coût par m2 de maçonnerie est

considérablement inférieur au coût des briques conventionnelles. Un maçon peut facilement poser 800 blocs SOIB (21 m² de mur) par jour.

- Le mortier est largement éliminé dans les murs car les blocs sont autobloquants et posés à sec, sauf dans la fondation et la ceinture.
- Il ne nécessite pas de la main d'œuvre qualifiée.
- Une haute résistance a été démontrée dans les structures SOIB, prouvant que ce sont considérablement plus forts que ceux construites des blocs traditionnels. Les murs SOIB sont fortement résistants aux dommages des tremblements de terre.
- Excellente propriété thermique
- Des finitions très élégantes.
- La simplicité du système de construction.

4. UNE SOLUTION ECONOMIQUE EN ENERGIE:

l'économie est traduite par la consommation négligeable d'eau (maximum 1.2 M3/jour) et d'électricité (un simple compteur de 50 Amperes) , suite à l'Audit effectué par l'Agence Nationale de Maitrise de l'Energie la société SOIB a gagné le Prix National de l'Efficacité Energétique en 2013



María Luisa GERMANÀ, Francesca ANANIA

Le phénomène des bâtiments inachevés se manifeste dans tous les continents, avec des degrés et une fréquence variable. Certains exemples sont bien connus pour leurs dimensions hors du commun, mais dans la plupart des cas, il s'agit de constructions anonymes, disséminées sur le territoire, qui défigurent le paysage et réduisent considérablement la qualité de l'environnement bâti.

En particulier, dans la région méditerranéenne, les bâtiments inachevés font partie de la vie quotidienne et peuvent presque être considérés comme le symbole d'une culture de la construction «non qualitative», qui ne ménage pas les paysages, les villes historiques et même les sites archéologiques.

Ils peuvent être de commande publique ou privée, de consistance et de niveau d'achèvement variables, mais certaines caractéristiques techniques récurrentes peuvent être résumées dans les points suivants:

- dans la plupart des cas, le béton de ciment est le matériau de construction structurel;
- aucune action de maintenance n'a eu lieu après l'interruption des travaux;
- les couches de finition de la surface sont souvent omises, ce qui amplifie la dégradation physiologique typique;
- les exécutions de mauvaise qualité aggravent un état pathologique déjà préoccupant.

La présence de bâtiments inachevés en Sicile est si importante qu'un collectif d'artistes a utilisé l'expression «Incompiuto siciliano» pour désigner ce phénomène, comme s'il s'agissait d'un «style», peu importe le lieu.



> La ville du sport à Rome, la plus célèbre oeuvre publique inachevée en Italie, conçue par Santiago Calatrava pour les championnats du monde de natation de 2009.



> Utique est l'un des sites archéologiques tunisiens étudiés dans le cadre du projet APER Architecture domestique punique, hellénistique et romaine (financé par le Programme Italie Tunisie 2007-2013) et contient, outre d'importantes résidences patriciennes, un certain nombre de sépultures dans lesquelles l'utilisation de briques crues est attestée. À l'entrée du site se trouve une structure inachevée (photo M.L. Germanà, avril 2023).

Depuis quelques années, le laboratoire ARCHSUD LAB (Architectural Sustainable Design Laboratory) du département d'architecture de l'université de Palerme conduit des recherches sur les bâtiments inachevés, y compris des expériences de conception sur les moyens possibles d'achever certains bâtiments inachevés identifiés.

En Tunisie, il y a encore peu d'études sur le phénomène des constructions inachevées, ce qui est appréciable même en tant qu'observateur non attentif.

Le projet CUBÀTI a identifié le phénomène des bâtiments inachevés comme un cas test qui résume certainement et concrètement le concept d'une culture de la construction de qualité et qui mérite d'être exploré davantage, y compris d'un point de vue transfrontalier.

La circonstance de deux PRIX CUBÀTI attribués, l'un en Sicile à TEM LAB et l'autre en Tunisie à REG, a particulièrement permis d'étudier les méthodes de diagnostic des éléments structurels et les possibilités de réutilisation des déchets de démolition sous forme d'agréats, tels que le béton que l'on trouve couramment dans les bâtiments inachevés.

La construction inachevée reste une problématique ouverte, à laquelle le projet CUBÀTI a tenté d'apporter une contribution pragmatique. En particulier, le projet a profité du PRIX CUBÀTI attribué au TEM LAB pour approfondir les méthodes et les outils d'analyse liés à un protocole d'investigation, encore expérimental, basé sur des capteurs visant à déterminer l'état de dégradation des structures de deux bâtiments inachevés identifiés respectivement en Sicile, à Terrasini (PA), et au siège du CITET à Tunisie.



> Construction inachevée et hypothèse d'achèvement (thèse Projet d'achèvement de la structure inachevée abritant l'ancien tribunal de première instance d'Aragona par F. Vella, 2017).



> Application du protocole expérimental TEM basé sur des capteurs pour la détection du pH et de la concentration en chlorure à Terrasini et sur le site du CITET à Tunisie (photo F. Anania, septembre 2023 ; M.L. Germanà, septembre 2023).

DIAGNOSTICS INNOVANTS 29 DANS LE DOMAINE DE LA SURVEILLANCE DE LA SANTÉ STRUCTURALE (SHM)

Angelo MULONE
avec Fabio DI GANGI

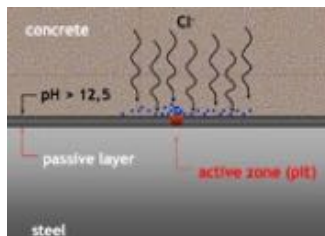
SURVEILLER LE RISQUE DE CORROSION ET DE DÉTÉRIORATION DES STRUCTURES DES BÂTIMENTS ET SAUVEGARDER LE PATRIMOINE HISTORIQUE ET CULTUREL

- Diagnostic prédictif au moyen de capteurs
- Promouvoir des méthodes intelligentes et peu invasives
- Contrôle à distance et en continu de l'état de salubrité des installations
- Conservation et maintenance des structures pour une croissance durable et soutenable.

BIBLIOGRAPHIE

IL MONITORAGGIO DEL RISCHIO CORROSIONE DELLE ARMATURE MEDIANTE SENSORI INSERITI NEL CALCESTRUZZO. Dott. Angelo Mulone, Dott. Renato Giarusso, Ing. Antonio Mulone, Dott. Mirko Andrea Vizzini Geolab srl Ing. Lorenzo Ceraulo, Dott. Antonio Mancino TEMPLab srl Ing. Manuela Ceraulo, Ing. Rosalinda Inguanta, Prof. Francesco Paolo La Mantia Università di Palermo, Dipartimento di Ingegneria – INSTM

<https://www.ingenio-web.it/pdfs/il-monitoraggio-del-rischio-corrosione-delle-armature.pdf>



> Le contrôle de l'état des matériaux réduit de manière exponentielle les coûts de réparation et de restauration fonctionnelle. Les relevés basés sur des capteurs permettent également de réduire les coûts des relevés en offrant une prévision de durée de vie fonctionnelle. Le graphique montre comment un retard d'une unité dans la maintenance se traduit par une multiplication par 5 des dépenses de restauration.



> Un artefact en béton équipé de capteurs pour mesurer le pH et les ions de chlore. Les recherches menées dans les laboratoires de Geolab ont permis de vérifier expérimentalement la précision des mesures et la fiabilité de la procédure.



> Projet MimeSIS 2022 MATÉRIAUX SENSORISÉS ET DURABLES POUR LES BÂTIMENTS HISTORIQUES. Recherche expérimentale en collaboration avec le CNR de Faenza pour le suivi physico-chimique des mortiers et enduits historiques. En collaboration avec le Dr. Macchiarella Michele du CNR-ISSMC Faenza.



> Coperture des capteurs.



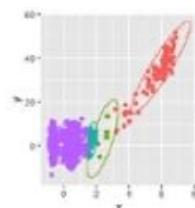
> Viaduc de Sharja - Dubai.



> Dashboard Grafana. ph and Cl monitoring online.



> Eng. pH Daniel Llorc – Ministry of Energy and Infrastructure in UAE – Dubai – Salle de contrôle et de surveillance avec capteurs TEMLAB.



> Gradients of sensors pH and Cl monitoring Ponte - Budapest.



Zakaria JAOUADI

TESTO 1: ÉLABORATION ET VALIDATION D'UN BÉTON ÉCOLOGIQUE À BASE DE PRODUITS RECYCLÉS POUR APPLICATIONS DE CONSTRUCTION : ÉTUDE SUR UNE CHAPE EXPÉRIMENTALE

- Préparation d'un mélange avec 1 m³ de produits recyclés de déchets de construction et 100 kg de ciment CPA, nécessitant l'ajout d'eau de gâchage.
- Malaxage soigneux pour assurer une distribution uniforme du ciment et une cohésion entre les particules de déchets recyclés.
- Obtention d'un mélange homogène adapté à diverses applications de construction ou de rénovation.
- Coulage d'une chape expérimentale de 1 mètre carré avec une épaisseur de 15 centimètres.
- Préparation de six éprouvettes normalisées à partir de l'excès de béton pour des tests de décrassement.
- Les essais de décrassement par la CETEC confirment la capacité du béton à maintenir sa résistance et son intégrité face à des procédures de nettoyage et diverses contraintes.
- Résultats positifs renforçant la qualité et la durabilité du béton dans la chape expérimentale, validant son utilisation pour des applications spécifiques en raison de sa robustesse face à des conditions variées.



TESTO 2: VALORIZZAZIONE DEI RIFIUTI DI COSTRUZIONE RICICLATI : DAL FREGIAMENTO AL RIVESTIMENTO MURALE DI QUALITÀ

- Processo di fregiamento dei rifiuti di costruzione riciclati, granulometria 0/20, attraverso un setaccio di diametro 0/4 => Produzione di sabbia pulita e calibrata di 0/4.
- Separazione degli elementi < 4 mm per ottenere una sabbia fine e omogenea, adatta a diverse applicazioni.
- Preparazione di un intonaco per l'intonaco e il rivestimento murale :
- Miscela di 1 m³ di sabbia calibrata 0/4 con 100 kg di cemento CPA.
- Incorporazione dell'acqua per ottenere una consistenza appropriata.
- Applicazione della miscela su una porzione specifica del muro per riattivare e restaurare il rivestimento esistente.



TESTO 3: OTTIMIZZAZIONE DEI RIVESTIMENTI STRADALI : UTILIZZO INNOVATIVO DEL FRISA PER UNA BASE SOLIDA E DURABILE

- Utilizzo del frisa per ottenere i granuli di granulometria 0/14.
- Creazione di uno strato di 10 a 15 cm lungo la superficie della strada.
- Livellamento e installazione della couche, seguiti da un compattamento su tutta la superficie.
- Riscaldamento della miscela contenente un certo percentuale di bitume per assicurare la coesione dei granuli grazie al bitume.
- Risultato : una superficie impregnata di bitume utilizzata come base per un rivestimento bituminoso monocouche o bicouche.

