



RETOUR D'EXPÉRIENCE — PROJET FRESH

La technologie Hydraform au Bénin

Des renovations à la construction en Brique de Terre Comprimée et Stabilisée avec la technologie Hydraform : une piste d'évolution pour la construction durable au Bénin

Ahmed-Sadam AVOCETIEN

Responsable Programme Habitat Durable | ECO-BENIN

Spécialiste en construction bioclimatique



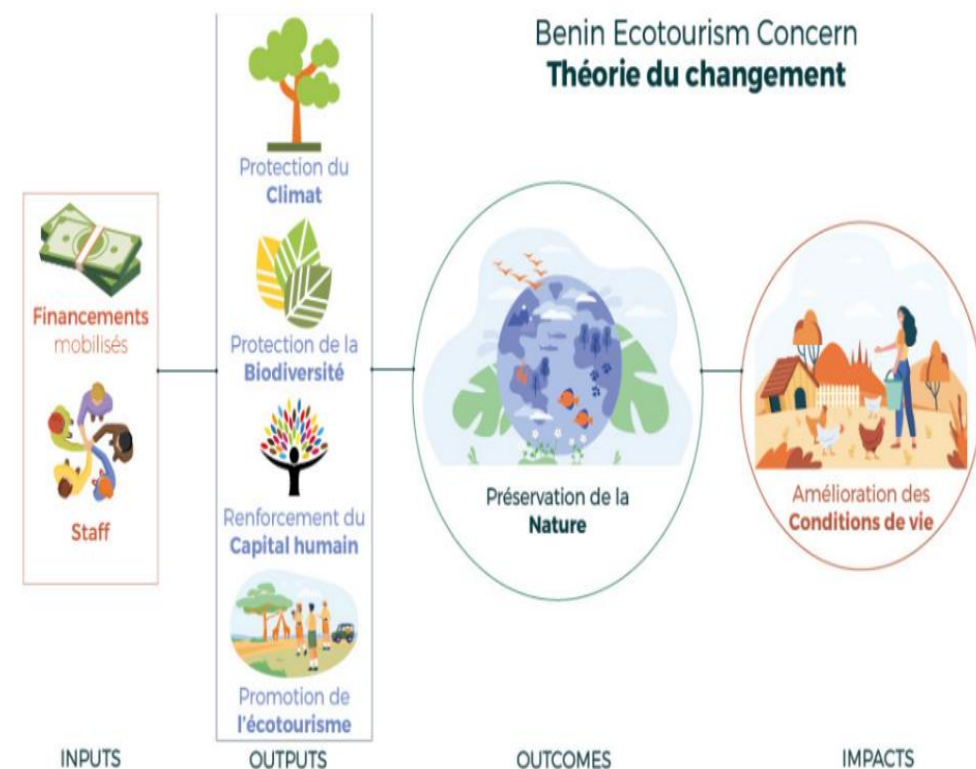
A PROPOS DE ECO-BENIN

ECO-BENIN (Benin Ecotourism Concern) est une ONG béninoise créée en **1999**, engagée dans la promotion du **développement durable**, la valorisation des ressources naturelles et l'accompagnement des communautés locales.

Ses interventions couvrent notamment la **biodiversité**, le **climat**, l'**écotourisme**, le **renforcement des capacités** et les **solutions durables adaptées aux territoires**.

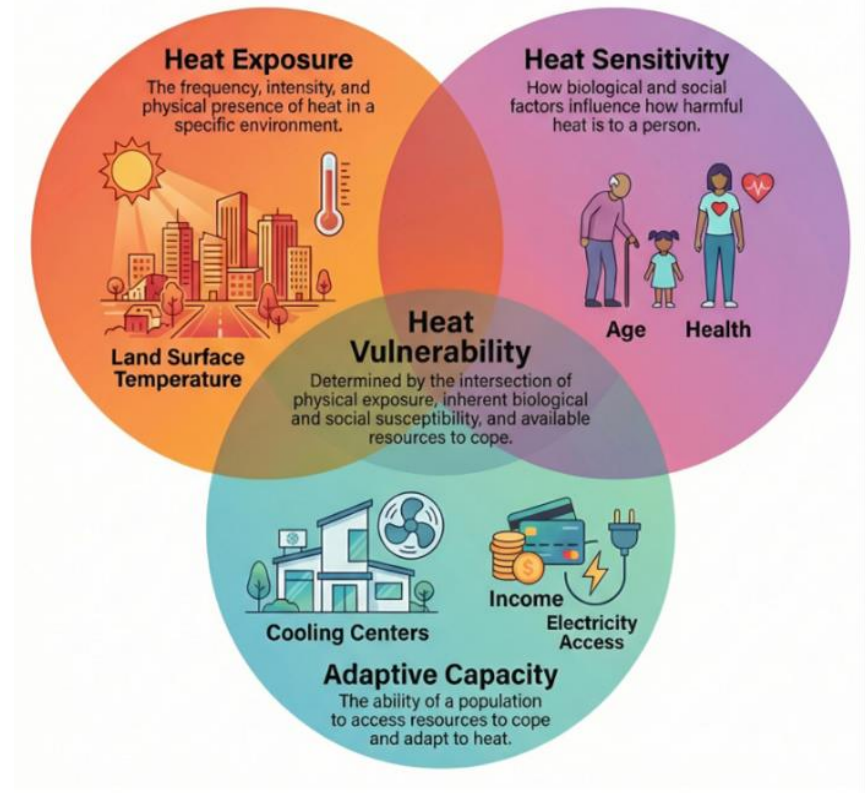
Dans le domaine de l'**habitat durable**, ECO-BENIN participe à la mise en œuvre du **projet FRESH**, porté par GERES et financé par l'AFD, notamment à **Abomey-Calavi** et **Parakou**, à travers la rénovation énergétique, l'amélioration du confort thermique, la formation des artisans et la promotion de solutions constructives adaptées au contexte béninois.

Axes d'intervention



CONTEXTE DU PROJET FRESH

- **Confort d'été** : un enjeu de santé, d'économie - **546 000** de décès annuels estimés liés à la chaleur (moyenne du *Lancet Countdown pour la période 2012-2021*)
- **Un facteur d'inégalité** : **16 milliards de jours-personnes** potentiellement exposés à une chaleur extrême sans accès à l'électricité ; **Un milliard de personnes pauvres**, en milieu rural ou urbain, sans accès à des moyens de rafraîchissement (*Chilling Prospects, 2026*)
- **Atténuation, adaptation et urbanisation accélérée** : environ **75 %** des infrastructures qui existeront à l'échelle mondiale d'ici 2050 restent encore à construire. (*Banque Mondiale*)



TRADUCTION DU CONTEXTE DU PROJET FRESH AU BENIN

Inconfort thermique dans les habitations (chaleurs excessives)

- Habitat non-efficace énergétiquement (techniques et matériaux de construction inadaptés aux climats chauds, filières peu développées)
- Croissance urbaine rapide et difficile à maîtriser
- Méconnaissance des solutions naturelles de rafraîchissement
- Changement climatique



Précarité énergétique / faible maîtrise d'usage

- Difficultés de paiement des factures
- Comportements, pratiques énergivores (mauvais choix et utilisation d'appareils)



OBJECTIFS DU PROJET FRESH

FRESH contribue à l'adaptation aux changements climatiques des populations urbaines et périurbaines des climats chauds, par la diffusion de pratiques d'efficacité énergétique accessibles et répliquables dans l'habitat.

Convention programme multi-pays : Bénin, Maroc, Tadjikistan, Mongolie (2024-2027)

Trois leviers expérimentaux

01

Amélioration de l'offre technique (tests, validation, formation des artisans)

02

Maîtrise d'usage (sensibilisation des ménages aux bonnes pratiques)

03

Mise en relation de l'offre (artisans des filières du bâtiment formés) et de la demande (ménages)



RESULTATS ATTENDUS DU PROJET FRESH

RÉNOVATIONS THERMIQUES ET SENSIBILISATIONS

120 ménages (600 habitants) propriétaires de maison individuelles et leurs occupants bénéficient de rénovations énergétiques.

500 (2500 habitants) ménages sont sensibilisés aux techniques de rafraîchissement naturel.

FORMATION

100 artisans sont formés aux techniques de rafraîchissement naturel et à l'utilisation de matériaux locaux à travers des formations théoriques et pratiques.

INSTITUTIONS PUBLIQUES/PRIVÉES

250 personnes sont touchées en personne
1000 autres sont touchées indirectement



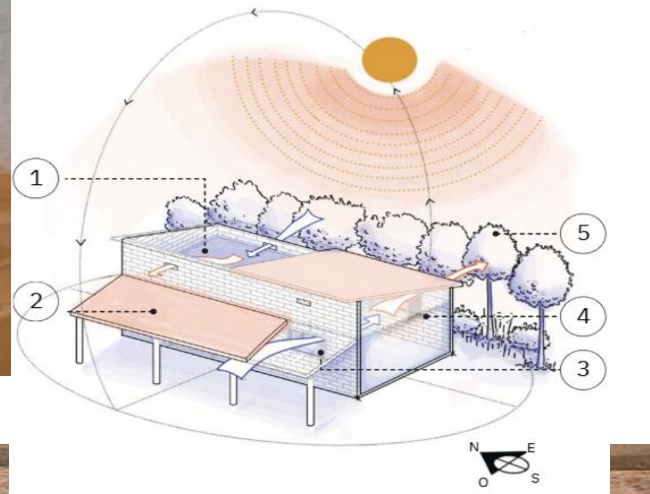
Méthodologie de mise en œuvre

Identifier les vulnérabilités et les besoins des ménages

Diagnostic, monitoring, enquête

Proposition de solutions de confort thermique : co-conception

Mise à l'échelle et répliquabilité



10 quartiers dans 2 villes
500 ménages sensibilisés

244 ménages enquêtés
(diagnostic socio-énergétique)
10 diagnostics bâti approfondi



Manuels, Guides pratiques
(d'installation, autoformation,
de sensibilisation)

Méthodologie de mise en œuvre

Diagnostic, monitoring, enquête



- Observation et recensement des problématiques de chaleur
- Métrologie / monitoring
- Enquête des usages avant et après travaux.
- Modélisation STD d'un échantillon



**Caractérisation
du bâti**



**Comportement
thermique**



**Enveloppe et
matériaux**

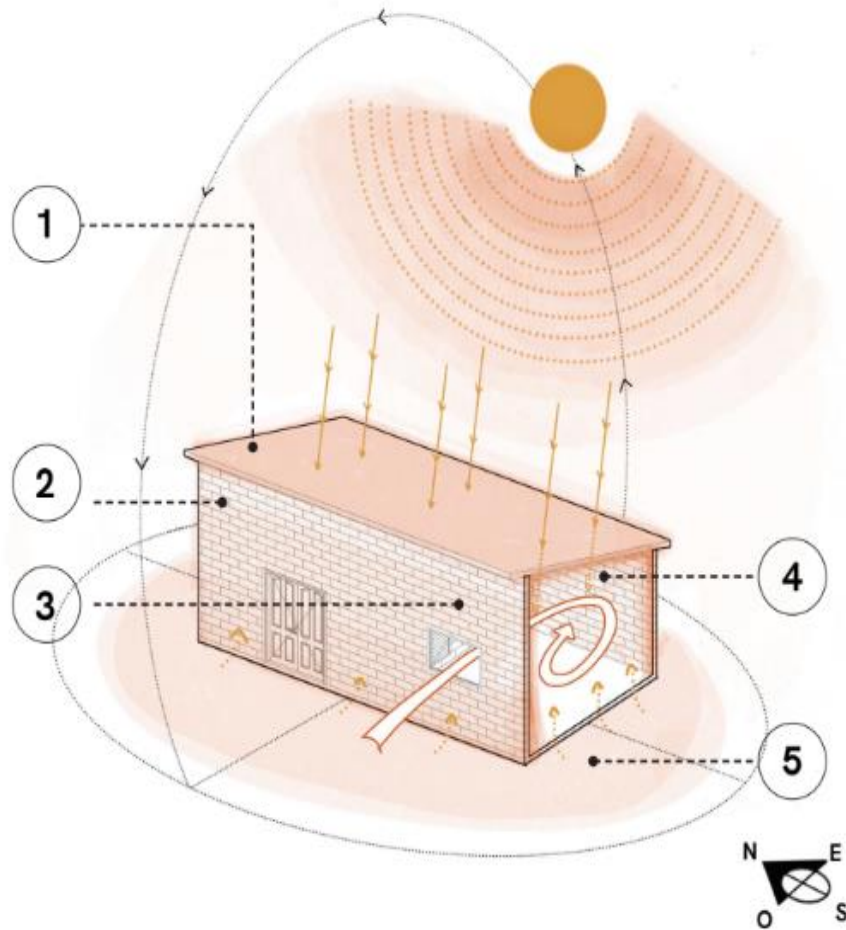


**Usages et
ressenti des
occupant-es**



RETOUR D'EXPÉRIENCE

Diagnostic croisé : principaux constats



01 Toiture
Toiture surexposée au soleil, surchauffée et non isolée.

02 Enveloppe
Murs sans protection et ombrage.

03 Ouvrants et Ventilation
Fenêtre sans vitrage et protection solaire et absence ou insuffisance de ventilation (traversante).

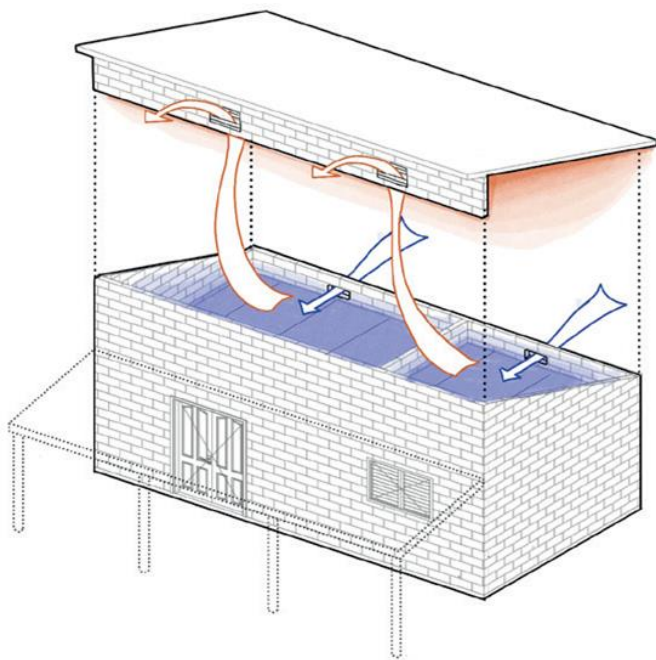
04 Végétalisation
Pourtour très minéral, sans ombrage et dépourvu de végétalisation.

MESURE ET RESENTI THERMIQUE — CONSTAT AVANT TRAVAUX

244 foyers interrogés:

- 97 % se sont plaints de stress thermique,
- 70 % ont indiqué que la chaleur les empêchait de dormir,
- 51 % ont déclaré ne pas pouvoir rester chez eux pendant la journée
- 57 % souffraient d'un taux d'humidité excessif.

FAUX PLAFOND VENTILE ET ISOLE



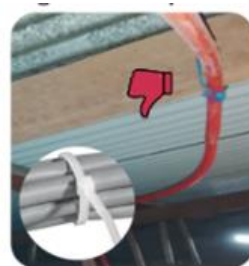
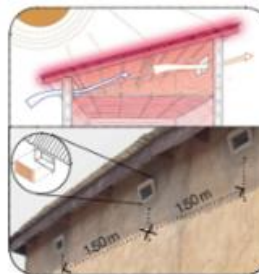
Structure d'accroche et passage gaine électrique

Pose isolant fibres (typha ou jonc) et faux-plafond (contreplaqué)

Etanchéité toiture

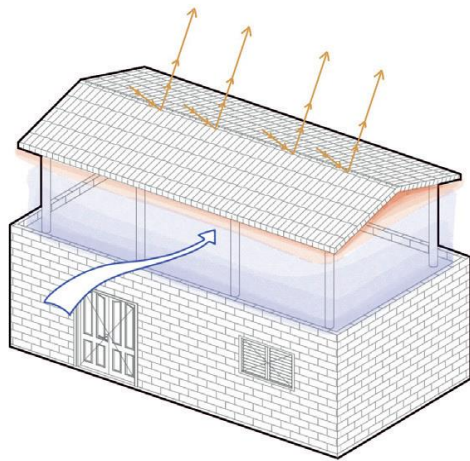


Création ventilation combles



RETOUR D'EXPÉRIENCE

Solution 1: réduire les apports de chaleur par la toiture



SUR-TOITURE



Etanchéité



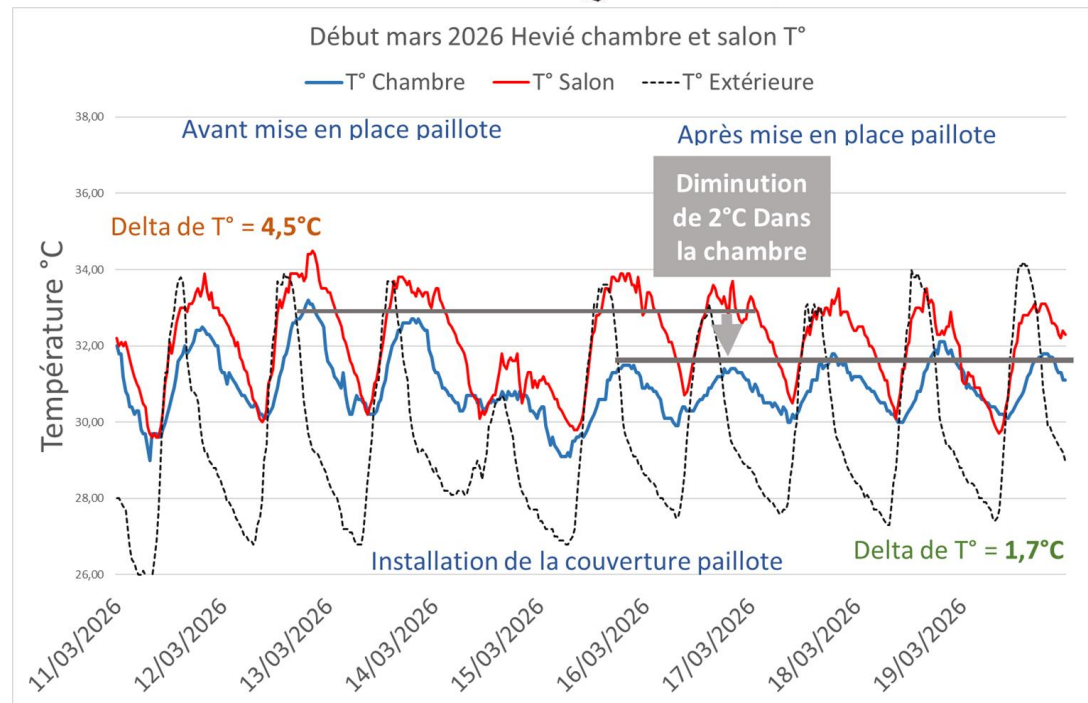
Semmelle béton



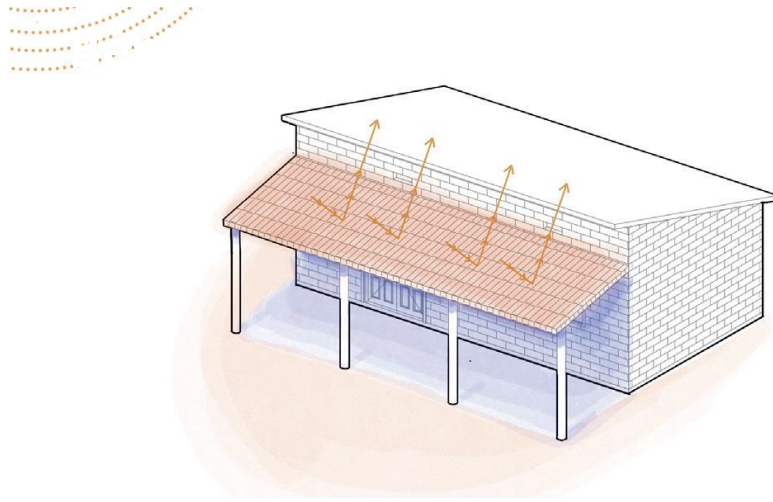
Structure d'accroche



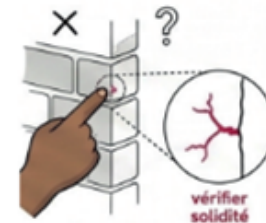
Couverture paille



PROTECTIONS SOLAIRES (AU-VENT) EN MATERIAUX BIO-SOURCES



Vérification mur d'accroche



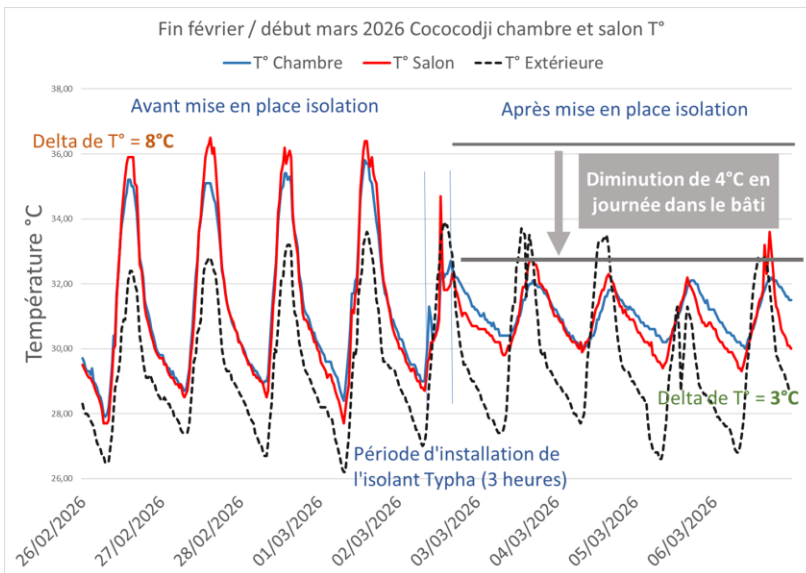
Pose structure verticale



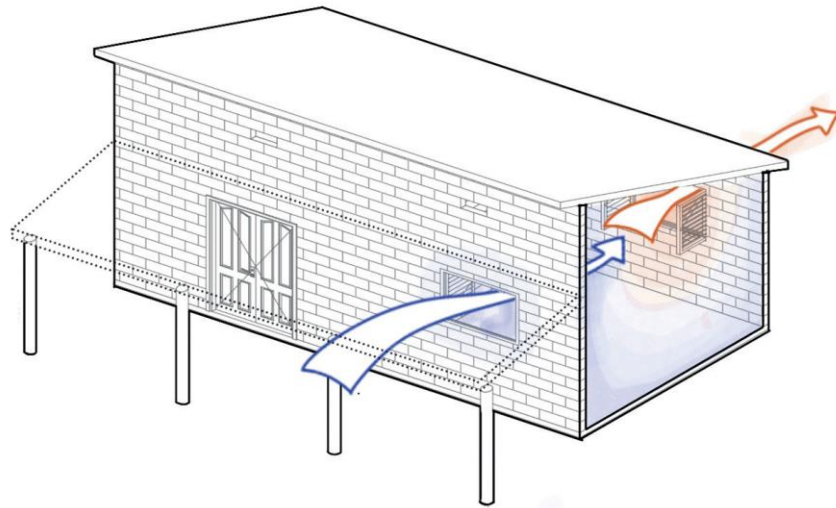
Accroche chevrons et liteaux



Paille ou Bamboo



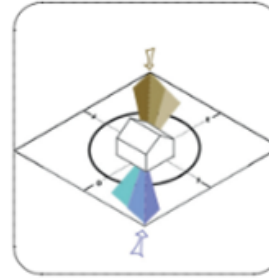
OPTIMISATION DES OUVERTURES ET VENTILATION



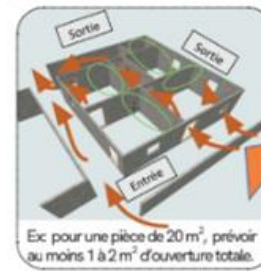
Créer ou élargir un ouvrant

Bénin

Vent dominant



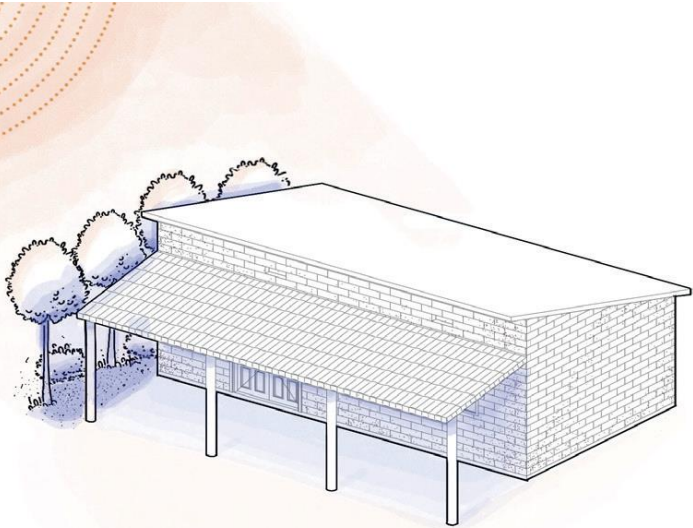
Analyse des flux internes



Mise en place châssis et fenêtre



VÉGÉTALISATION DES ABORDS DE LA MAISON



Végétalisation du pourtour - maison



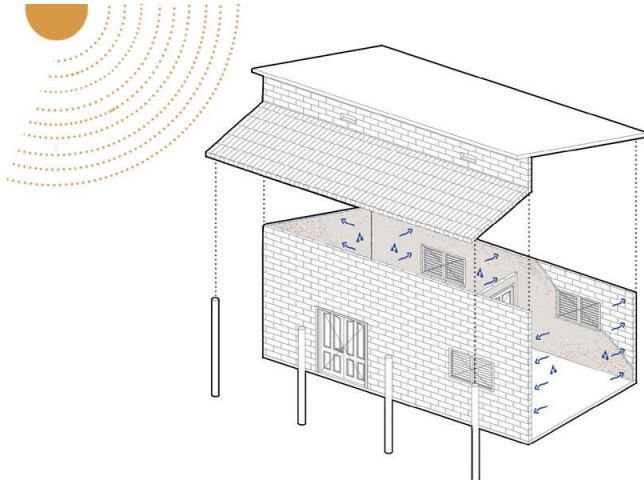
Végétalisation par haie d'arbres



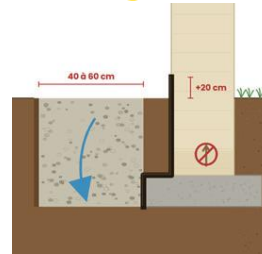
Végétalisation du sol autour - maison



PROTECTION MÉCANIQUE INTERIEURS et EXTERIEURS



Traitement remontée capillaire



Préparation des supports



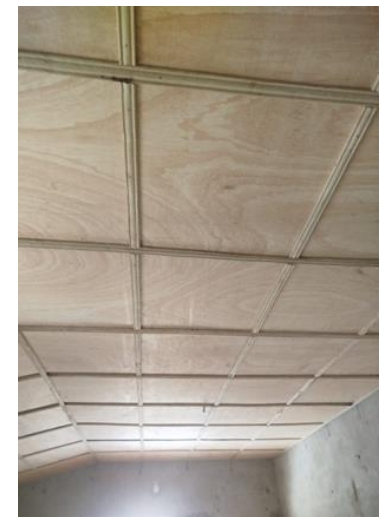
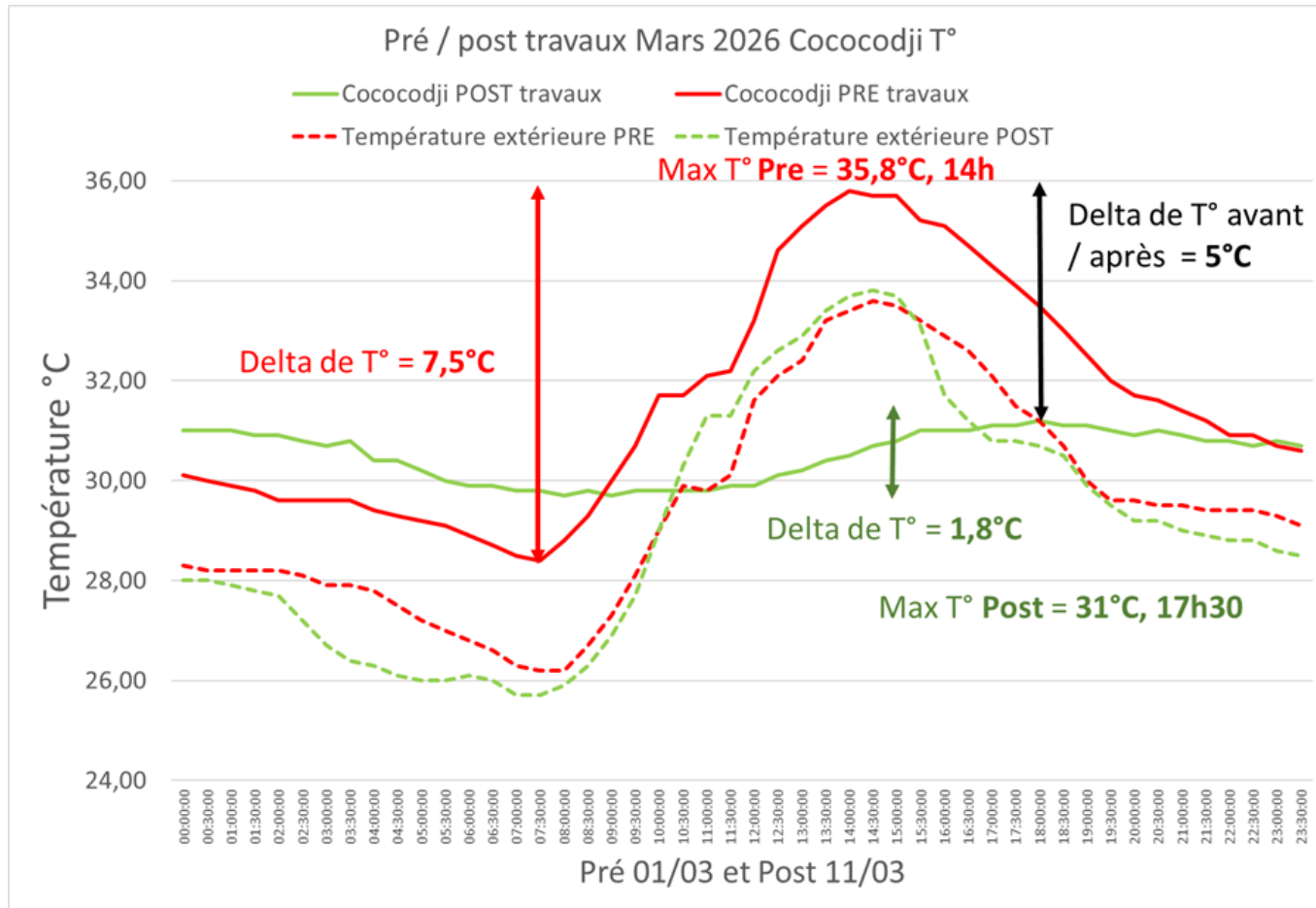
Test terre locale et gobetis



Application des enduits



Monitoring thermique des maisons pilotes 2025 - 2026



- **Température ambiante diurne** : Chute des moyennes maximales de **3.5 à 4,2 °C**.
- **Atténuation des amplitudes** : de 7,5 °C (pré-travaux) à 1,8°C (post-travaux).
- **Confort nocturne** : optimiser avec stratégie d'ouverture nocturne (ventilation traversante) et/ou à l'utilisation d'un brasseur d'air.
- **Perception des usagers** : Amélioration nette du **confort ressenti**.
- **Ressentie des températures** :

Sous tôle nue (sans barrière) :

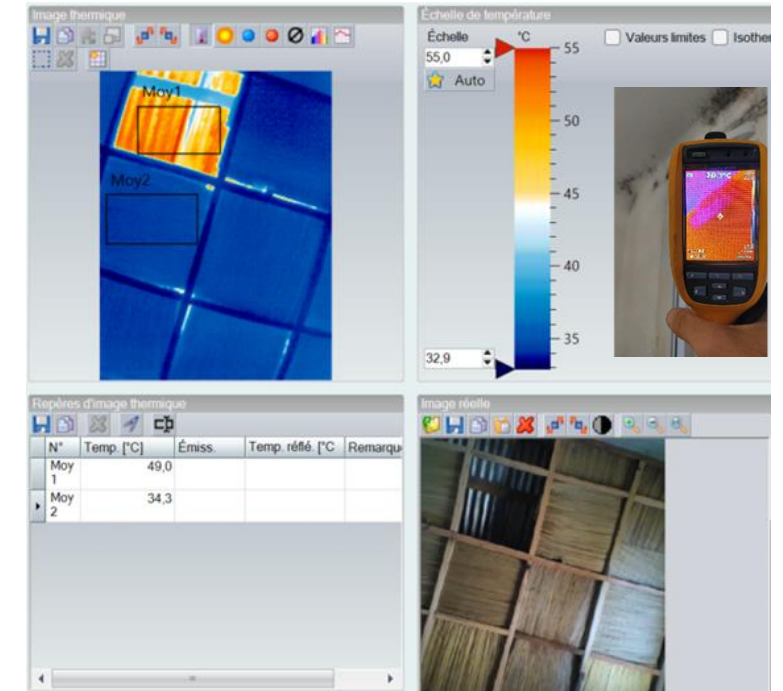
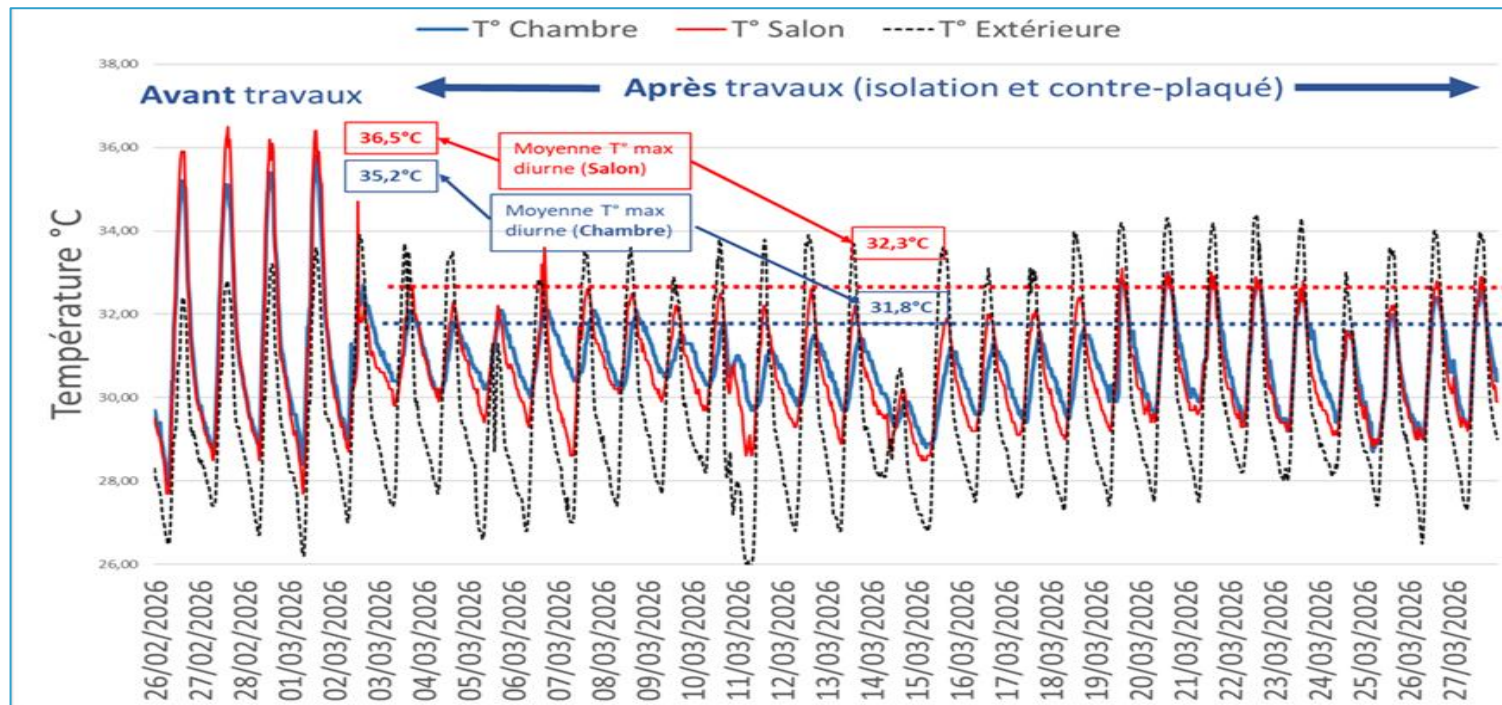
$T_{res} \approx 41\text{ °C}$.

Faux-plafond contreplaqué seul :

$T_{res} \approx 33\text{ °C}$.

Faux-plafond + Isolation Typha (4 cm) :

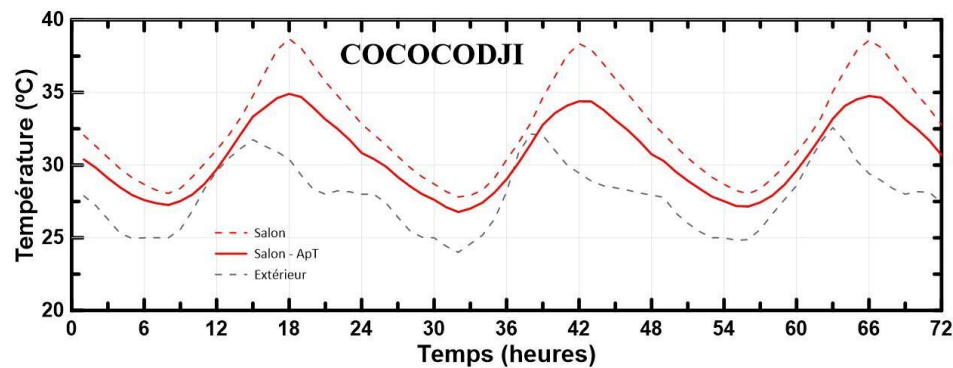
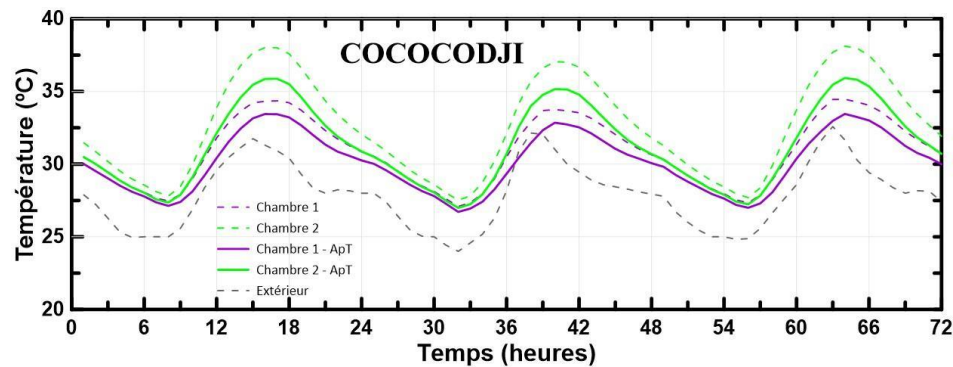
$T_{res} \approx 31\text{ °C}$.



RETOUR D'EXPÉRIENCE

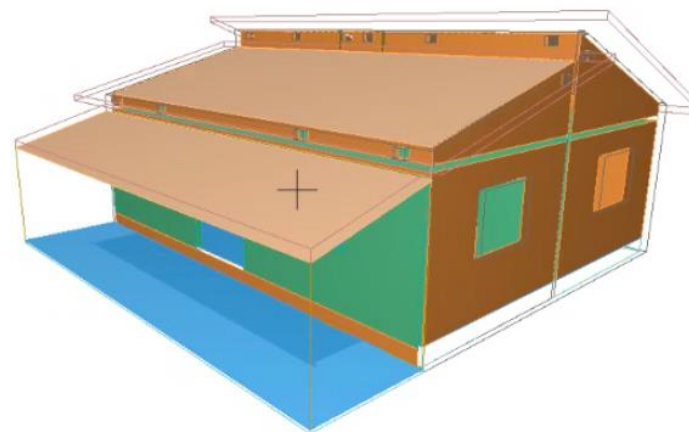
La validation par la Simulation Thermique Dynamique (STD)

- Quantification du gain thermique par pièce / solution
- Passage à l'échelle / Aide à la décision / choix des solutions

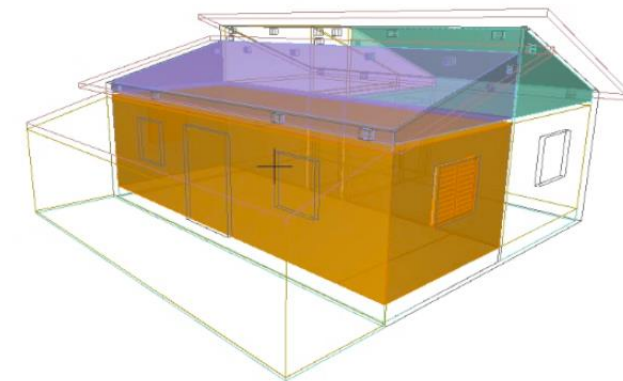


@Yassin da Gloria, Université
Fédérale Rio de Janeiro (UFRJ)

Objectiver, répliquer



Etude de l'auvent sur l'habitat



Etude des combles sur le salon

De la rénovation énergétique à la construction bioclimatique

Hydraform comme piste technologique pour la construction en terre au Bénin



Pourquoi faire évoluer la solution ?

Besoin croissant de logements

S

Standardisation

Obtenir des blocs aux dimensions et à la qualité constantes.

Q

Amélioration de la qualité

Réduire les défauts et fiabiliser la résistance des blocs.

P

Productivité

Accélérer la production sans sacrifier la qualité.

R

Reproductibilité

Garantir un résultat contrôlable, indépendant de l'opérateur.



Qu'est-ce que la technologie Hydraform ?

Hydraform désigne une presse mécanique permettant de produire des blocs de terre comprimée et stabilisée, directement sur site. Selon le modèle utilisé, les blocs intègrent un système d'emboîtement qui facilite la pose.



Machine de production de bloc autobloquant



Principe du bloc emboîtable

LE PROCÉDÉ

Comment fonctionne le système Hydraform ?



Chaque étape conditionne la suivante : une terre mal préparée ou une compression insuffisante se répercute directement sur la qualité du bloc fini.

La caractérisation de la terre : une étape déterminante

- 1 Granulométrie
- 2 Plasticité
- 3 Composition minéralogique
- 4 Teneur en humidité
- 5 Essais de formulation
- 6 Résistance des blocs produits

“

Sans caractérisation préalable, la formulation reste approximative — et la qualité du bloc, aléatoire.

Principe directeur retenu pour l'évolution vers Hydraform

FORMULATION

La stabilisation au ciment

Le ciment renforce la résistance mécanique et la durabilité du bloc. Son dosage doit toutefois être ajusté finement : chaque terre réagit différemment, et le mélange doit rester homogène.

Un compromis à trouver entre trois exigences :

Résistance

Coût

Impact
environnemental

Dosage insuffisant → Dosage optimal → Sur-dosage coûteux



Mise en œuvre sur chantier

1 Préparation du support

Fondations et assise stables avant la pose des blocs.

2 Montage & joints

Assemblage des blocs, gestion des liaisons et des joints.

3 Ouvertures & chaînages

Intégration des portes, fenêtres et éléments de renfort.

4 Toiture & protection

Mise hors d'eau rapide pour protéger les murs en terre.

5 Finitions

Enduits de protection et traitement de surface.



Analyse SWOT — Hydraform au Bénin

FORCES

- Régularité des blocs produits
- Productivité supérieure aux méthodes manuelles
- Processus de production mécanisé
- Contrôle possible de la formulation
- Valorisation de la terre locale
- Potentiel de formation et de professionnalisation

FAIBLESSES

- Investissement initial pour la presse
- Besoin de compétences techniques spécifiques
- Maintenance de l'équipement
- Dépendance à la qualité de la terre
- Nécessité d'une bonne cure des blocs
- Nécessité d'une bonne cure des blocs
- Coût du ciment dans la formulation

OPPORTUNITÉS

- Demande croissante en logements
- Essor de la construction durable
- Développement des matériaux locaux
- Formation professionnelle des artisans
- Émergence d'entreprises locales spécialisées
- Projets publics et partenariats avec les ONG

MENACES

- Mauvaise caractérisation des terres
- Formulation mal maîtrisée
- Production artisanale non contrôlée
- Perception négative du matériau terre
- Références normatives insuffisantes

CONCLUSION

1 Observer

Les performances et limites des bâtiments existants.

2 Expérimenter

Des solutions de rénovation énergétique.

3 Apprendre

Que le confort dépend aussi de la conception et des matériaux.

4 Explorer

La construction en terre pour les bâtiments neufs.

5 Approfondir

Hydraform pour la régularité, la productivité, la qualité.

L'objectif n'est pas simplement de construire avec la terre, mais de développer une filière de construction en terre maîtrisée, contrôlée et adaptée au contexte béninois.

La prochaine étape n'est pas d'acheter forcément une presse Hydraform, mais de démontrer quelles terres sont utilisables, quelles formulations sont pertinentes, quelles performances sont atteignables et quels coûts sont réellement compétitifs.

Capitaliser l'expérience de FRESH pour déployer durablement la construction en terre avec la technique Hydraform

Questions & échanges



Merci