



Trano gasy et son paysage vivant, photo M. Brown

Rapport de mission

**CONSTRUIRE EN TERRE : DIAGNOSTIC,
RENFORCEMENT DES CAPACITES ET
CERTIFICATION DE COMPETENCES POUR
REDUIRE L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL
DE L'HABITAT HUMANITAIRE AU
MADAGASCAR**

01 – 27 Mai 2024



Table des matières

I. PRÉSENTATION

1. Information générale

2. Contexte

3. Cette mission

 3.1 Objectifs

 3.2 Méthodologie

 3.3 Résultats attendus

 3.4 Calendrier d'activités

II. EXPLORATION

4. Le choix de l'itinéraire

5. Antananarivo - Antsirabe

6. Antsirabe - Ambositra

7. Ambositra - Ranomafana

8. Ranomafana - Mananjary

9. Mananjary

III. ECVET : FORMATION ET CERTIFICATION

10. ECVET

 10.1 ECVET EARTH BUILDING

 10.2 ECVET EB pour l'Afrique

 10.3 L'expérience ECVET à MADAGASCAR

IV. POUR INSPIRER UN AVENIR AVEC LA TERRE CRUE...

11. Solutions techniques proposées aux autres pays

12. Conclusions et recommandations

ANNEXES

1 Termes de Référence de la mission

I. PRÉSENTATION

1. Information générale

Titre de la mission	Construire en terre : diagnostic, renforcement des capacités et certification de compétences pour réduire l'impact environnemental de l'habitat humanitaire au Madagascar
Pays	MADAGASCAR
Lieu de la mission	Antananarivo Antsirabe Ambositra Ranomafana Mananjary
Objet de la mission	1 Renforcement des connaissances sur les matériaux et systèmes locaux de construction en terre crue, traditionnelles et modernes, et leur rapport avec la géographie, climatologie et ethnographie, pour permettre des analyses ultérieures. 2 Formation et certification ECVET Unité M Niveau 2
Projet	19ZZ05 – Lignes budgétaires 2101 - 2303
Responsables	AICRL Aide Internationale de la Croix-Rouge luxembourgeoise
Durée de la mission	01 au 27 Mai 2024
Date du rapport	Décembre 2024
Auteur	María Brown Birabén, PFCT Point focal Construction en terre



2. Contexte

D'après les Termes de référence

Les Sociétés nationales de la Croix-Rouge sont souvent appelées à prendre les devants dans différentes crises. Elles ont donc besoin d'être équipées de solutions d'abris efficaces, conçues de manière participative et respectueuses de l'environnement.

Madagascar présente l'un des niveaux de risque cyclonique les plus élevés d'Afrique, avec trois à quatre tempêtes tropicales ou cyclones par an, dont la plupart provoquent des pertes économiques soudaines et très élevées.

La saison cyclonique s'étend de novembre à avril, le risque le plus élevé se situant pendant les quatre mois de l'été austral, entre janvier et avril. Les cyclones peuvent causer des dommages importants, notamment la perte et la destruction de récoltes, l'augmentation de l'incidence des épidémies, la dégradation des écosystèmes côtiers et marins, la perturbation des services urbains tels que l'eau et l'électricité, les

transports, l'endommagement des infrastructures, la destruction des cultures et parfois la perte de vies humaines.

Les résultats du RGPH-3 révèlent que Madagascar compte 6 108 370 habitations constituées principalement par des maisons individuelles ou villa (82,9 %). Ces habitations sont réparties sur le territoire national avec un taux d'occupation d'environ 10,32 bâtiments/km². Pourtant, si on s'intéresse à la durabilité des matériaux avec lesquels sont construites les structures, on constate que la plupart sont faits avec des matériaux précaires. En d'autres termes, le taux de vulnérabilité de l'habitat par rapport aux risques de catastrophes reste élevé.

En outre, les écosystèmes naturels spécifiques et fragiles de Madagascar sont gravement affectés, non seulement à cause de l'impact des cyclones mais également en raison de la sécheresse persistante dans le sud et à la déforestation générale de l'île, l'impact sur l'équilibre naturel est dramatique. En conséquence, les populations de l'île et son habitat naturel déjà détérioré sont extrêmement vulnérables.

L'architecture traditionnelle est intimement liée aux ressources disponibles. En particulier, le bois des forêts tropicaux est gravement affecté par ce processus de détérioration de l'environnement sur l'île.

Jusqu'à présent, l'action de la SRU-Shelter Research Unit, de l'AICRL-Aide Internationale de la Croix-Rouge luxembourgeoise, s'est concentrée géographiquement sur les zones dites couloirs cycloniques afin d'étudier, de développer et de proposer des solutions d'abris humanitaires appropriées et respectueuses de l'environnement.

Cette mission, faisant partie du projet « Soutien technique et renforcement des capacités de l'Afrique australe et de la région des Grands Lacs », vise à élargir cette vision au-delà des couloirs cycloniques : *l'un des matériaux locaux traditionnels de Madagascar est la terre crue, protagoniste des techniques répandues tout au long des territoires intérieurs*. Pour cela, un premier diagnostic des forces et faiblesses des systèmes traditionnels en terre crue, suivi d'une présentation des projets en cours dans la zone cyclonique, est proposé. À continuation, une formation certifiante ECVET Earth Building -système européen que l'AICRL offre dans tous les pays d'intervention à travers sa PFCT Point Focal Construction en Terre- adaptée au contexte malgache, sera partagé avec 12 candidats, notamment maçons et artisans de la construction.

3. Cette mission

D'après les Termes de référence

3.1. Objectifs

1. Une idée globale plus claire par rapport aux matériaux et systèmes de construction en terre crue, traditionnelles et «modernisées», et leur rapport avec la géographie, climatologie et ethnographie, est obtenu et rapportée pour des analyses ultérieures.
2. 12 personnes, hommes et femmes volontaires de la CRM et artisans du bâtiment de profession, sont formées selon le système ECVET Earth Building dans l'Unité M-la matière terre, et obtiennent leur certification -la même qu'en Allemagne ou France obtiennent leurs collègues de métier.

3.2. Méthodologie

1. Pour le diagnostic « traditionnel – actuel », voyage de la PFCT en voiture de 3 à 4 jours de durée à travers les Haute Terres en descendant vers Mananjary.
2. Pour le contact avec le savoir-faire local à niveau construction anticyclonique, visites de la PFCT dans les alentours de Mananjary guidée par le staff local.
3. Pour la formation et certification ECVET Earth Building, le suivi des protocoles de cette méthodologie¹

3.3. Résultats attendus

1. La capitalisation des savoirs acquis lors du voyage de diagnostic, à travers un atelier d'échange entre la PFCT spécialiste et les responsables au sein de la CRM, pour une ultérieur incorporation aux nouveaux projets.

¹ <http://ecvetearth.hypotheses.org/>

2. La considération, dès la CRM, des nouveaux techniciens ECVET comme des personnes qualifiées pour l'identification, essai et fabrication d'échantillons et certains matériels de construction en terre crue, indispensables au début de n'importe quel projet avant la prise de décisions techniques

3. Livrable : un rapport en format A4, avec toutes les activités, conclusions et recommandations de cette mission sera élaboré par la PFCT et partagé pour validation et application à niveau de la CRM.

OBJECTIF	ACTIVITÉ	DÉTAILS / RÉSULTATS	RESPONS.	DATE
1 DIAGNOSTIC : TYPOLOGIES et SAVOIR-FAIRE LOCAL	a) Visite technique à travers la région des Hautes Terres, où la terre crue est protagoniste	4 journées de diagnostic technique, enquêtes informelles pour dévoiler le savoir-faire local, tout au long de la route entre Antananarivo - Antsirabe-Ambositra- Ranomafana-Mananjary	AICRL-CRM PFCT	En mission
	b) Capitalisation des conclusions à travers un échange en ligne	Atelier de validation avec la participation de la SRU - AICRL - CRM	AICRL-CRM PFCT	Après mission
2 ECVET EB	Formation et Évaluation certifiante Unité M Niveau 2	15 nouveaux techniciens ECVET (2 femmes): équipe AICRL, staff / volontaires CRM, maçons	AICRL-CRM PFCT	En mission
3 RAPPORT	Rapport A4	Ce document, avec tous les détails, résultats et recommandations de cette mission	PFCT	Décembre 2024

3.4. Calendrier d'activités

Jour	Date	Activité	Localité	Distance	Hébergement	Nuitées
Me	01/05/2024	Vol dès Dakar				*
J	02/05/2024	Vol dès Dakar	Arrivée Antananarivo		Antananarivo	2
V	03/05/2024	Présentation Siège	Antananarivo			
S	04/05/2024	Diagnostic Terre - Etape 1	Antananarivo - Antsirabe	166 km	Antsirabe	1
D	05/05/2024	Diagnostic Terre - Etape 2	Antsirabe - Amositra	94 km	Ambositra	2
L	06/05/2024	Repos	Ambositra			
M	07/05/2024	Diagnostic Terre - Etape 3	Ambositra - Ranomafana	135 km	Ranomafana	1
Me	08/05/2024	Diagnostic Terre - Etape 4	Ranomafana - Mananjary	138 km		
J	09/05/2024	Visites, préparation ECVET	Mananjary			
V	10/05/2024	Visites, préparation ECVET	Mananjary		Mananjary	6
S	11/05/2024	Repos	Mananjary			
D	12/05/2024	Repos	Mananjary			
L	13/05/2024	Démarrage formation ECVET	Mananjary - Ranomafana	138 km	Ranomafana	11
V	24/05/2024	Diplômes ECVET - Clôture	Ranomafana - Mananjary	138 km	Mananjary	1
S	25/05/2024	Vol interne	Mananjary - Antananarivo			
D	26/05/2024	Repos	Antananarivo			
L	27/05/2024	Départ				

II. EXPLORATION

4. Le choix de l'itinéraire

Entre Antananarivo, point d'origine de la mission, et Mananjary, point de destination où l'AICRL développe ses activités, la distance de 530 km peut se parcourir par route (environ 12 heures sans escales) ou par avion (vol UNHAS de 1,5 heures). La raison d'avoir choisi le déplacement terrestre est multiple :

- Le 70% du territoire à traverser correspond à la Région des Hautes Terres, symbole par excellence de l'architecture vernaculaire en terre crue à Madagascar. A travers l'exploration «lente» de ce territoire, un grand bagage d'information de tout type, au-delà des aspects techniques, peut être enregistré. Cette recherche a l'objectif d'accompagner, parallèlement à la formation certifiante ECVET, l'introduction de la filière « terre crue » parmi un éventail des possibilités constructives durables dans l'habitat humanitaire au sein de la CRM-AICRL à Madagascar.
- Le village de Ranomafana, choisie par la CRM comme l'emplacement de la formation certifiante ECVET, se trouve dans la route. La dernière escale du voyage sert, donc, aussi, pour choisir le siège de l'activité, à partir d'une liste fournie par la CRM-Mananjary.
- En étudiant les typologies constructives vernaculaires en terre crue à trouver au long de la route, on constate que leur prépondérance se transforme en disparition à mesure qu'on descend dès les Hautes Terres vers l'Océan Indien, où pluies et vents tropicaux modèlent le paysage naturel et humain. Cette transition, miroir de la nature géographique, climatique, socio-économique et culturelle de chaque région, est aussi un important indicateur à enregistrer.

5. Antananarivo - Antsirabe

La méthodologie employée lors des visites est le choix aléatoire des exemples d'architecture vernaculaire en terre crue trouvés au long de la route, ruraux et urbains, anciens et actuels, habités et en ruines. Pour les entretiens, les habitants et voisins se prêtent volontaires au partage de leur savoir-faire technique, leur avis sur certains systèmes et leurs particularités culturelles, à travers un dialogue aimable et non structuré.

TECHNIQUES CONSTRUCTIVES ET TYPOLOGIES

Tout au long de la journée, les deux différentes techniques pour les **murs** en terre crue qui dominent le paysage habité sont l'**adobe** (bloc de boue moulé et séché au soleil) maçonné avec mortier de terre, et la **bauge** (mottes de boue empilées en levées successives). Il s'agit des systèmes introduits dès la France lors des temps coloniaux, au XIX siècle -notamment impulsés par le premier consul de la France au Madagascar, le malagasy Jean-Baptiste Laborde-. Ainsi introduits mais devenus «traditionnels», les deux systèmes se sont répandus rapidement grâce à la disponibilité abondante des terres argileuses et latéritiques excellentes, à leur simplicité permettant l'auto-construction généralisée à cout abordable, et au constat populaire de leurs avantages de durabilité, protection des biens et *confort thermique*.

Parfois utilisées individuellement, parfois combinées : rez-de-chaussée en bauge, premier étage en adobe. En effet, la mise en œuvre manuelle de la bauge en hauteur -seule méthode utilisée- est très lourde et de manipulation dangereuse, demandant un équilibre et une maîtrise particuliers ; par contre l'adobe réduit la charge et les risques du travail en hauteur, permettant au même temps une réduction de l'épaisseur des murs profitée pour l'appui de la structure en bois conformant le sol du premier étage ; parallèlement, le poids de l'ensemble se voit réduit.

Les bâtiments actuels ou réfectionnés, assez nombreux vu le contexte touristique de cette région du pays, présentent aussi des renforcements en maçonnerie de **brique cuite**, notamment dans les angles et les pignons ; les mortiers varient de la terre au «moderne» (sable-ciment). Ces bâtiments, de grande beauté, sont motif de fierté pour leurs propriétaires, dénotant leur niveau social.

Le **crépissage** fait partie indissoluble des murs en terre crue comme mesure de protection des intempéries. Si l'on trouve des murs nus, il s'agit des maisons qui ont perdu leur crépissage, habitées ou en ruines - parfois, le manque de ressources économiques est derrière ce manque d'entretien. La matière terre, stabilisée différemment selon les régions, est aussi la protagoniste des crépissons traditionnels. Comme dans le cas de la production de l'adobe et la bauge, le savoir-faire local reste intact aussi pour les finitions, et passe d'une génération à la suivante – et les femmes y participent.

Evidemment, comme partout dans le monde, l'introduction du **ciment** dans les dernières décades se prouve ici néfaste pour la performance des crépisssages. En effet, à court terme, les surfaces demandent un entretien nul -contrairement, les crépisssages en terre exigent une surveillance et un entretien fréquent. À long terme, cependant, des dégâts habituels se manifestent dans les murs derrière cette couche qui rattrape l'eau.

Les **toitures** typiques sont en chaume – paille, matériau très abondant dans cette région rizière et agricole. Les angles accentués garantissent l'étanchéité par écoulement rapide des pluies, et sont à l'origine de la typologie à deux pentes accentuées, présente partout. Ce type de toiture reste toujours abondante, mais se voie en recul en bénéfice de la tôle métallique -toujours en respectant la forme typologique. En effet, les habitants de maisons en chaume souffrent souvent des infiltrations pluviales, et se montrent prêts à le remplacer dès que leurs moyens économiques le permettent.

Quant aux **typologies architecturales**, elles sont indépendantes de la technique choisie, et partagent les traits principaux conformant le ***trano gasy***, nom traditionnel - géométrie rectangulaire et simple, sveltesse volumétrique, deux étages avec escalier interne, plusieurs chambres ventilées et éclairées, toiture à deux pentes accentuées. Les exemples, enfin, nous illustrent mieux que les mots :



La maison traditionnelle de Mr Zo est inhabitée, cependant sa famille se trouve dans les alentours. Comme toutes les maisons de ce période, elle possède un *lavakombarika* (stockage de riz) accessible dès l'intérieur, et juste au-dessous, accessible dès l'extérieur, un *fisoko* (pour garder des animaux domestiques). L'escalier, en brique cuite, communique avec la cuisine, qui est... au premier étage ! Une surprise trouvée ici par première fois, mais qui s'est confirmée caractéristique dans la zone.

Bâti en bauge par son arrière-arrière-grand-père, la maison est en excellent état de conservation. Sa grand-mère lui a appris la technique, et il veut apprendre sa fille, encore petite, pour continuer la tradition. Le crépissage, aussi traditionnel, est un mélange à base de boue, stabilisé avec de la bouse de vache, et la couche de finition est enrichie avec des œufs complets pour la plasticité, et du sel pour augmenter l'accroche et éliminer la poussière.

Un autre exemple montre la «modernisation» des matériaux sans perdre les traits typologiques : le chaume a été remplacé par la tôle métallique et le crépissage en terre, par un autre en sable-ciment :



En se rapprochant le constat est l'habituel : le crépiassement est déjà partiellement détaché des murs, ayant causé leur dégradation, avant tomber par son propre poids. Situation qui reste souvent cachée et produit une silencieuse perte de masse des murs derrière l'apparence «dur» d'une finition peu adaptée à la terre crue.

En reprenant la route, des ruines très solides en système mixte bauge + adobe se laissent voir dans le paysage, parmi d'autres maisons habitées.



Celle de Mme. Haja, dont la longue clôture est aussi en bauge, a été bâtie en deux mois, par elle-même et son mari, tous seuls, il y a 20 ans.

Avec toiture en chaume, sans crépiassement actuellement, le mélange de la bauge, explique-t-elle, est composé de terre locale et bouse de vache, malaxé avec de l'eau pour conformer les boules épaisses qui se déposent les unes sur les autres, en avançant sur tout le périmètre de la maison à raison de 50-60 cm d'hauteur par journée, avec des pauses de deux jours pour séchage avant continuer.

Travaille dur réservé aux jeunes, elle ajoute ! La maison se voit impeccable, toujours avec la cuisine au premier étage...



Voisine de Mme. Haja se trouve Mme. Lanto : ici une géométrie du plan en L est accompagnée d'une réhabilitation contemporaine toujours respectueuse des typologies autochtones. Selon ses explications, une partie de la maison en ruines a été reconstruite en briques cuites, en profitant pour augmenter sa surface totale. Murs pignons, piliers des angles ont été refaits aussi en brique cuite, le crépiassement refait avec la recette traditionnelle, et la toiture en chaume remplacée par la tôle métallique. Cet exemple, assez fréquent, montre des interventions sensibles, toujours harmonieuses et intégrées au paysage et aux usages culturels locaux.



À mesure que le voyage s'interne dans les Hautes Terres, les traits constatés se consolident... Cependant, de nouvelles typologies les accompagnent vers la fin de la journée :



... la **galerie - balcon**, orientée vers l'ouest, fait son apparition -cette fois-ci, il s'agit d'une importation anglaise. Ici, un nouvel exemple de respectueuse réhabilitation en terre crue et cuite, dont les détails de maçonnerie sont excellents.

6. Antsirabe - Ambostira

La route continue avec de petites variations en techniques et typologies. Sans doute c'est le royaume des cultures de grain, riz notamment, et par conséquent, de la paille... son abondance explique sa résistance comme matériau de construction populaire malgré la préférence des modernes tôles, plus chères.

Concernant la typologie rectangulaire simple plus répandue, l'aspect blanchâtre -et pas rouge- des **crépisssages** couvrant plusieurs bâtiments attire l'attention : il s'agit, expliquent les amicaux voisins, d'un mélange d'un «sable brillant» locale (on devine que calcaire avec du quartz), qui se malaxe avec de la bouse, et s'applique lors d'une seule journée par une équipe de 5 personnes qualifiées.



«Ce crépissage est beau, il protège et renforce les murs entre 3 et 5 ans ; une fois affaibli, tout doit être enlevé pour commencer dès zéro», expliquent Mme. Maria et Mr. Fred, voisins d'Ampasindava.



Comme déjà constaté la veille, les *trano gasy* complètement traditionnels, bâties et crépies en terre crue avec toiture en chaume, s'intercalent avec d'autres réfectionnées, notamment avec des pignons en brique cuite et toiture en tôle métallique, mais identiques en aspect et fonctionnalité.

«*Les toitures en paille doivent être complètement renouvelées, non seulement la paille mais toute la structure en cannes : l'étanchéité ne dure que, au maximum, 5 ans, et seulement des spécialistes font ce travail, donc cela devient couteux pour les familles. C'est pour cela que parfois les anciennes maisons sont utilisées seulement pour le stockage du riz ou des animaux*», expliquent Maria et Fred.

La maison voisine renforce ces témoignages : le crépissage blanc déjà «lavé» doit être refait ; la toiture en chaume est aussi dans sa limite d'étanchéité.



Dans tous ces cas, et la plupart des observés, les *cuisines* sont au premier étage, ouvertes à l'extérieur à travers une porte (sur l'espace vide) qui facilite la remontée d'eau, riz et ingrédients. Pourquoi cette disposition est adoptée? Le grand group réuni lors de la visite répond avec ces raisons :

1. La fumée n'envahit pas les chambres, qui sont en premier étage,
2. En cas de feu, seulement la toiture va brûler, et pas toute la maison,
3. S'il y a des personnes âgées ou convalescentes, s'occuper d'eux est plus facile si l'on est à côté, en évitant des déplacements à travers les escaliers,
4. L'eau ne représente aucun souci : les fûts déposés en hauteur durent plusieurs jours.

Concernant la typologie avec galerie - balcon, des exemples de plus en plus nombreux émaillent la route vers le sud, soit en milieu rural comme urbain, soit en matériaux locaux comme innovants...



Loin d'être utilisées pour l'observation du paysage ou le repos, ces galeries et balcons servent pour le séchage et stockage des récoltes, séchage du linge, etc.

Comme dernière escale de la journée, au village d'Ilaka, sur la route nationale, Mme Pepe, une brave grand-mère à la tête de sa famille, nous reçoit contente et disponible pour un long dialogue.

Par rapport aux matériaux, elle a participé dans la construction de sa maison en terre, raconte-t-elle, il y a 50 ans. «*Elle est plus forte que celle du voisin, que j'ai vue construire bien après la mienne, en brique cuite – matériau 4 fois plus cher que la terre. Lui il a utilisé des tôles ; ça oui, je le préfère, mais nos moyens le font impossible : le renouvellement de ma toiture en paille, chaque 5 ans, coûte environ 700.000 ariarys (143 €), tandis que les tôles durent pour toujours mais elles coutent plusieurs millions.*»

Le crépissage calcaire continue présent ; Mme. Pepe explique que, selon la qualité de la terre et du maçon, il peut durer jusqu'à 10 ans sous la galerie.



Concernant l'aspect typologique, le moment d'évacuer certains doutes qui se cumulent, arrive...

L'ouverture des galeries exclusivement vers l'ouest semblait d'abord obéir à des raisons pratiques et bioclimatiques : vents et pluies prépondérants, entrée du dernier soleil, etc. Cependant, Mme. Pepe explique que les pluies n'ont pas une direction fixe au long de l'année ; c'est un aspect culturel ce qui nous échappait. Les galeries s'ouvrent toujours vers l'ouest, toutes fois que le terrain le permet, ou bien en angle, mais toujours en évitant d'ouvrir la maison vers l'est : culturellement, c'est là où les ancêtres appartiennent, jamais la maison s'ouvre vers ce côté.

Aussi, par première fois, chez Mme. Pepe la cuisine se trouve au rez-de-chaussée. Comment explique-t-elle ce changement ? «*La cuisine peut être en haut ou en bas, mais si elle est en bas, toujours la hauteur du rez-de-chaussée doit être ample, et il faut protéger la structure en bois du premier étage avec un plafond pour minimiser le risque d'incendies, très fréquents à cause du manque de ces mesures*», conseille-t-elle.

7. Ambositra - Ranomafana

Hautes Terres, dernier jour : une récapitulation des typologies et systèmes constructifs s'ouvre devant nous.



Cependant, deux nouveautés font leur apparition.

La première : la **tuile céramique** artisanale comme alternative traditionnelle des toitures, en accompagnant l'habituelle chaume et la moderne tôle métallique. Non seulement les argiles abondantes permettent sa fabrication dans cette sous-région, mais aussi la croissante proximité des sources végétales au-delà des Hautes Terres, région géographique et climatologique différente, utilisées comme combustible.

Comprenant les humbles *trano gasy* rurales, les maisons urbaines sans ou avec galerie, et celles contemporaines nées comme réponse au lucratif phénomène touristique, la tuile est répandue partout.



À Ambalanivoahangy, une toute petite maison très bien bâtie attire l'attention. Mr. Jonas et sa famille se trouvent dehors, ouverts au dialogue. «*L'avantage des toitures en tuile locale est le prix abordable, d'environ 100.000 ariary/m² (20 €). Un spécialiste s'occupe de la structure en bois et canne, et de la pose des tuiles. Bien faite, elle peut durer jusqu'à 15 ans. Un autre avantage est que les tuiles endommagées peuvent se remplacer individuellement, sans besoin de changer la toiture complète*», explique Mr. Jonas.

Comme constaté ailleurs -notamment au Burundi- malgré ses avantages thermiques, acoustiques (bruit de la pluie), sociales (produit local) et économiques (moins cher que la tôle) lui et d'autres habitants de maisons en tuiles se montrent prêts à les remplacer par des tôles métalliques dès qu'économiquement possible. «*Jamais plus il y aura des infiltrations*», affirme-t-il.



La deuxième nouveauté est aussi en étroite relation avec le changement de paysage, de zone géographique, notamment du régime des pluies et par conséquent, de la végétation et la biodiversité, qui augmentent exponentiellement à mesure que les Hautes Terres sont laissées derrière. En effet, par première fois, une nouvelle technique en terre crue fait son apparition : le **torchis**.

Ce torchis local est un mélange de boue, généralement stabilisé avec de la paille, qui sert de garnissage à une structure porteuse en matériau végétal (bois, bambou, cannes, etc.). Les bâtiments en torchis sont toujours crépis avec les matériaux déjà connus, faisant partie inséparable de système constructif pour compléter sa résistance.



Adobe, bauge, chaume, maisons avec ou sans balcons, commencent maintenant à partager le paysage bâti avec des humbles exemples en torchis -aussi fournis parfois des balcons et des toitures métalliques.

Un avantage additionnel du torchis est que la structure peut de faire en saison pluvieuse, évidemment impossible pour l'adobe ou la bauge, et la remplir au rythme que les propriétaires déterminent, même en travaillant en famille.



8. Ranomafana - Mananjary

La descente vers la côte océanique laisse des ciels qui se couvrent de nuages au même rythme que la végétation devient selvatique et les pluies, incessantes. Adieu aux *trano gasy*, à l'adobe, à la bauge, au chaume, aux tuiles. La terre crue est en clair recul et le seul système présent est maintenant le torchis.

Las feuilles du *ravinala*, l'arbre du voyageur, remplacent ici le chaume des Hautes Terres dans les toitures traditionnelles. La tendance généralisée de les remplacer par des tôles dès que les moyens économiques le permettent, se confirme une fois encore. Nouvelle ou recyclée, la tôle est légère, facilement transportable et étanche - des traits pas négligeables dans une région où la pluie est la grande protagoniste.





Le torchis est, donc, adapté à tout type de bâtiment : riche, pauvre, avec ou sans balcon, destiné au stockage, au commerce, à l'habitation ou au tourisme. Les sols disponibles, de couleurs diverses, sont riches en argile.

La fin du voyage nous laisse une image ingénieuse qui annonce une autre caractéristique importante de cette région côtière -caractéristique à l'origine de la présence de l'AICRL dans la côte Est du pays : les ouragans et les forts vents doivent être résistés. Par exemple, avec des renforcements des toitures - chaque un fait comme il peut...



9. Mananjary

Face à l'Océan Indien, en compagnie du staff de la CRM et l'AICRL, l'exploration des systèmes et typologies en terre crue à travers le centre de Madagascar arrive à sa fin.

Ici l'architecture traditionnelle devient complètement végétale. Même si elle n'est pas le sujet de cette mission, la sagesse, l'harmonie et l'équilibre ancestral avec l'environnement méritent quelques images montrant le grand savoir-faire des peuples qui ont appris à cohabiter avec la catastrophe naturelle, en forme d'inondations, des ouragans.



Harmonie présente dès le niveau «macro» du paysage, jusqu'au détail des noeuds d'attache des éléments qui constituent le **trano falafa**, maison typique.



Avec le protagonisme indiscuté du *ravinala*, accompagné par le bois, le bagage de l'expérience récente aux Hautes Terres oblige à se poser des questions :

Sont-ils compatibles, certains aspects remarquables des deux adaptations si différentes de l'habitat à l'environnement ?

Ou bien doivent-ils rester comme jusqu'à présent, en compartiments étanches, sans emprunter rien l'un de l'autre ?

Quel est le rôle à jouer dès la perspective humanitaire et du développement ?

Et c'est avec cette réflexion que la suivante étape de la mission arrive ...

III. ECVET : formation et certification

10. ECVET

10.1 ECVET EARTH BUILDING²

Des centaines d'initiatives ponctuelles pour la valorisation de la construction en terre crue menées depuis des décades par les agences, les ONGs et leurs partenaires locaux ont resté invisibles les unes des autres -une des raisons de l'échec à l'heure de récupérer son prestige technique et social. L'AICRL a compris que ces efforts -et ses efforts- devraient s'inscrire dans un cadre plus ample pour maximiser la capitalisation que les individus, les institutions et la société font des programmes d'habitat durable.

Pour cela, à partir de 2022 une formation certifiante d'origine européen mais de portée globale a commencé à être déployée, capable pas seulement de reconnaître le savoir-faire des artisans et professionnels locaux, mais aussi de niveler les acquis partagés avec un langage technique commun, pour permettre un travail en réseau entre africains, une fois cette première phase de formation et certification soit complète dans tous les pays travaillant avec l'AICRL.

Le système de certification de métiers de la terre crue s'appelle ECVET EARTH BUILDING (ECVET EB), et il est conçu sur l'approche par compétences : *n'importe comment tu as appris ton métier, mais que tu saches l'exécuter*. Il offre aux artisans et travailleurs au chantier une nouvelle manière de se former et de certifier les compétences acquises, et favorise la formation tout au long de la vie, et la mobilité.

ECVET EB est un système d'unités définies comme le plus petit ensemble cohérent de savoirs (théoriques), d'aptitudes (pratiques) et de compétences (responsabilités) concernant l'un des différents champs d'activité professionnelle de la construction en terre. Ces unités sont évaluables et cumulables. Les 9 unités aujourd'hui disponibles couvrent les principales activités du secteur professionnel du bâtiment en terre, à différents niveaux : 1 (débutant), 2 (aide-maçon), 3 (maçon qualifié), et 4 (maçon chef d'équipe) pour s'adresser à tout le public potentiel -hommes et femmes- avec ou sans expérience avec la terre en construction.

Unit	Subunit	EQF Level					Description
		L1	L2	L3	L4	L5	
M							From raw material to earth mix
P							Production of prefabricated elements
B	B1 earth Masonry B2 Cob B3 rammed earth						Building with earth
C							Application of clay plaster
F							Formwork for earth building
R	R1 building R2 clay Plaster						Repair and conservation in earth building
D							Interior design
O							Decorative techniques
E							Earth building market

Chaque unité est évaluée séparément par les organismes européens partenaires, présents à la plupart des pays. L'association ESTEPA³ est le partenaire espagnol, et la déléguée PFCT- Point focal Construction en terre de l'AICRL est sa présidente, au même temps que formatrice et évaluateuse internationale de l' ECVET EB. L'évaluation est indépendante de la formation préalable : le point clé est *savoir faire un travail, n'importe comment et où les candidats/es l'ont appris*.

Les certificats ECVET EB sont délivrés depuis plus d'une dizaine d'années en Europe, à partir de 2021 ESTEPA les a introduits au-delà de leur continent d'origine, et sont devenus un prestigieux indicateur des compétences au chantier pour leurs titulaires. L'expérience de son adaptation au-delà de l'Europe s'est confirmée très positive déjà en Amérique Latine depuis 2015 : dans un contexte si différent à l'original, les argentins se sont inspirés à l'ECVET pour concevoir leur propre certification nationale, et d'autres exemples sont en marche. La capitalisation de ces résultats aussi en Afrique est, donc, le pas qu'on vient de donner à partir de 2022, ensemble entre l'AICRL (qui forme) et ESTEPA (qui certifie).

10.2 ECVET EB pour l'Afrique

Lors des formations certifiantes ECVET EB Unité M – la matière terre, menées par l'AICRL entre 2022 et le moment de cette mission en 2024 à Burundi, RDC et Niger, chaque une avec sa particularité et jugées très riches en contenus et résultats, 61 candidats et candidates ont été évalués à la fin du programme, et *ils ont obtenu les mêmes certificats de qualité que leurs pairs obtiennent en Espagne ou en Allemagne*.

Puisque la conformation d'équipes polyvalentes – ingénieurs, techniciens, maçons, briquetiers, enseignants, volontaires – est poursuivie comme stratégie, tant la formation comme l'examen s'organisent en français et

² <https://ecvetearth.hypotheses.org/download/units-download>

³ www.estepa.org

en langue locale, ouvrant l'opportunité aux personnes ne parlant pas le français : à Burundi en Kirundi, à RDC en Swahili, au Niger en Haoussa et Djerma.

La liste continuera avec tous les pays travaillant avec l'AICRL en Afrique. L'objectif : dépasser la centaine des techniciens et techniciennes ECVET parlant le même langage technique, avec les mêmes capacités en construction en terre renforcées, pour établir un réseau africain d'échange technique et de main d'œuvre spécialisée. Favorisant justement un des piliers de l'ECVET : la mobilité des ressources humaines qualifiés.

De différents défis inexistant dans le contexte européen original accompagnent les différentes éditions d'ECVET en Afrique. Non seulement la traduction à la langue locale est garantie : parfois *il s'agit de deux langues*, ou même *de participants illétrés*. L'examen écrit, de choix multiple, doit en conséquence s'organiser avec une stratégie historiquement inconnue pour l'ECVET : la traduction simultanée aux deux langues, accompagnée d'assistance personnalisée pour identifier la réponse correcte sur la feuille, tout guidé par un volontaire.

10.3 L'expérience ECVET à MADAGASCAR

Le moment de Madagascar arrive avec cette mission. L'Unité ECVET et la méthodologie restant toujours les mêmes, voici un résumé de la formation et son examen.

SESSION 1. 13 Mai

THÉORIE

- Présentation des participants.
- ECVET Earth Building : la certification de compétences, fondement du futur réseau technique africain.
- La terre : les constituants et leur comportement.
- L'argile : élément clé.
- Démonstration : granulométrie et tamisage.

PRATIQUE

- Organisation des outils et des espaces de travail.
- Essai de la décantation avec les terres amenées par chaque participant.
- Étiquetage : son importance incontournable.





SESSION 2. 14 Mai

PRATIQUE + THÉORIE + ÉCHANGE

- Tamisage : granulométrie des échantillons des participants, avec les tamis disponibles.
- Résultats du tamisage : comparaison entre des échantillons différentes.
- Tamisage des « fins », particules ≤ 2 mm, pour les tests suivants.
- Test du cigare : exercice complet. Son utilité.



SESSION 3. 15 Mai

THÉORIE + ÉCHANGE

- Récapitulation des contenus
- Stabilisation, dosage et étiquetage : clés des bons mélanges
- Stabilisation physique avec sable. Test de la plaquette : son utilité



PRATIQUE

- Test de la plaquette : exécution, chaque participant avec sa terre.

SESSION 4. 16 Mai

THÉORIE

- Stabilisation physique et chimique.
- Stabilisation avec des fibres. Mélanges fibrés pour adobe et torchis.
- Poids et volume. L'importance de la précision.
- Pourcentage.

PRATIQUE

- Poids et volume. Pratiques. Mesure et étiquetage des outils de travail avec de l'eau
- Stabilisation physique avec fibres. Adobe simple et fibré : préparation des mélanges. Comparaison des résistances à la traction en état plastique.





SESSION 5. 17 Mai

THÉORIE

- Adobe – échantillon : son importance. Notions sur dimensions, moulage, séchage et stockage.

PRATIQUE

- Fabrication des adobes-échantillon sans et avec fibres.
- Test de la pastille : exécution, en utilisant des moules en bambou au lieu du tuyau PVC. Idée du groupe !



SESSION 6. 20 Mai

THÉORIE + PRATIQUE + ÉCHANGE

- BTC - brique de terre comprimée :
 - Exemples de son utilisation en Afrique : projets sociaux, bâtiments publics, maisons privées.
 - La presse CINVA-RAM : humble mais utile dans le contexte humanitaire et du développement.
- BTC : mélange simple et stabilisée au ciment. Volume. Pourcentage. Humidité. Essais.
- Interprétation intégrée des tests de la décantation et du cigare.
- Test de la plaquette. Résultats et interprétation.
- Test de la pastille. Résultats et interprétation.





LE GRAND CAHIER ILLUSTRÉ DE CLASSE

La théorie nécessaire pour l' ECVET M Niveau 2 prend la forme de grand cahier graphique, produit en dialogue entre tous et enregistré avec les téléphones pour étudier !

13 MAI 2024

LA TERRE

- *! MATERIAU
- *! MATERIE ORGANIQUE (VIVANTE)
- * ESSENTIELLE POUR LA VIE : AGRICULTURE, ELEVAGE
- *! ELEMENT SOLIDE
- * SUBSTANCE QUI VIENT DU SOL
- * NOTRE PLANETE
- * NOTRE PATRIE, NOTRE ENDROIT D'ORIGINE

14 MAI 2024

LA TERRE

LA TERRE INORGANIQUE : GRANULOMETRIE

GRAVIER SABLE LIMON ARGILE

COMMENT SEPARER LES GRAINS ?

TAMISAGE

15 MAI 2024

LA TERRE : TAMISAGE

taille	utilisation
10 mm	Bauge Ht. adobe GM MM
5 mm	BTC adobe
2 mm	TESTS TERRE MORTIER CREPISSAGE
1 mm	ENDUITS DECORATION PEINTURE

16 MAI 2024

TESTS : DECENTRATION

TEST DU CIGARE (1)

PRESENCE DES ARGILES

- 1 TANIS 2 mm → "PARTICULES FINES"
- 2 BOULE → 4 ED RASES
- 3 CIGARE 30 cm → DIAMETRE 3 cm
- 4 CONTIN
- 5

RESULTATS:

- 0-6mm PEU D'ARGILE
- 6-15cm ARGILE, EQUILIBRE
- >15cm TROP D'ARGILE

SI LA PRESENCE D'ARGILE EST TROP FAIBLE (1) OU TROP ABONDANTE (2), QU'EST-CE QU'ON FAIT?

17 MAI 2024

TEST DU CIGARE (2)

STABILISATION

STABILE = EQUILIBRE
 ⇒ STABILISATION = RECUPERATION DE L'ÉQUILIBRE D'UN MELANGE/FORMULE

MELANGE FORMULE STABILISEE ✓

MELANGE FORMULE AMELIOREE X BANCO

18 MAI 2024

STABILISATION

TYPES DE STABILISATION

- PHYSIQUE
- CHIMIQUE
- MÉCANIQUE

CERTAINS MELANGES NONT AUCUNE STABILISATION

19 MAI 2024

LA STABILISATION EXIGE DU RIGUEUR

AVEC LES QUANTITES DE CHAQUE INGREDIENT

VOLUME Litre, cm³, m³ ≠ POIDS g/kg/tonne

MESURES

MESURER TOUJOURS EN VOLUME AU NIVEAU ARTON

NOS EXEMPLES VOLUME = POIDS :

- 1L EAU = 1kg = 1000g
- 1L GRAVIER = 1,663 kg = 1663g
- 1L SABLE = 1,240 kg = 1240g
- 1L TERRE ROUGE = 1,080 kg = 1080g

20 MAI 2024

POURCENTAGE %

LES QUANTITES PEUVENT ETRE TOUTES

- EN VOLUME ⇒ TERRE 1000/SABLE 1000
- EN PROPORTION ⇒ TERRE 1 / SABLE 1
- EN POURCENTAGE ⇒ TERRE 50% / SABLE 50%

10 100 1% POUR CENT

50 100 5% POUR CENT

100 100 10% POUR CENT

50 KG CIMENT = 40 L.

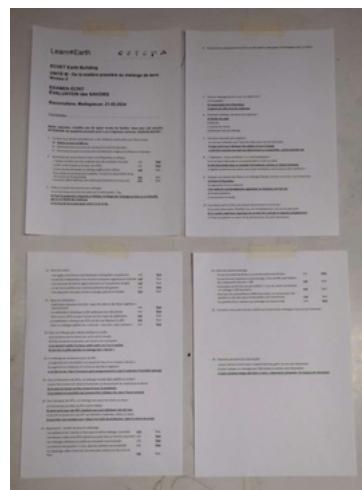
FIN DE LA FORMATION !

Tous préparés pour...



EXAMEN ECVET Unité M. 21 - 22 Mai

- Examen écrit tous ensemble.
- Examen pratique en groupes de 5.
- Examen orale individuel, avec ou sans traduction.
- Correction et préparation des documents ECVET. Entretien avec chaque candidat.
- Remise des diplômes avec la participation des représentants de la CRM locale.





Les 15 nouveaux techniciens et techniciennes ECVET.

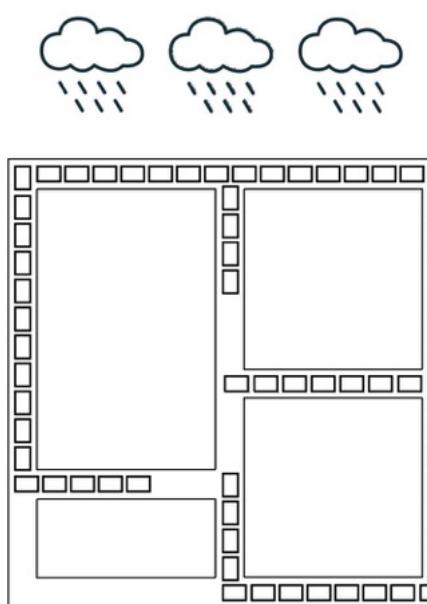
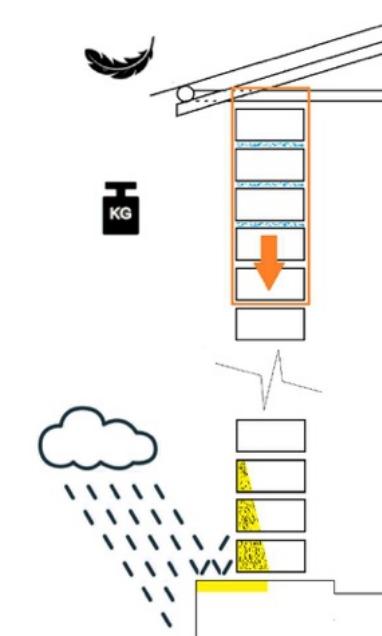
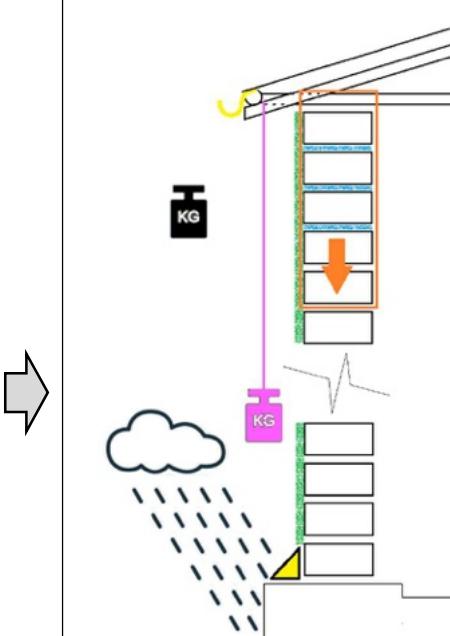
C'est la fête, danse traditionnelle y comprise !



IV. POUR INSPIRER UN AVENIR AVEC LA TERRE CRUE...

11. Solutions techniques proposées aux autres pays

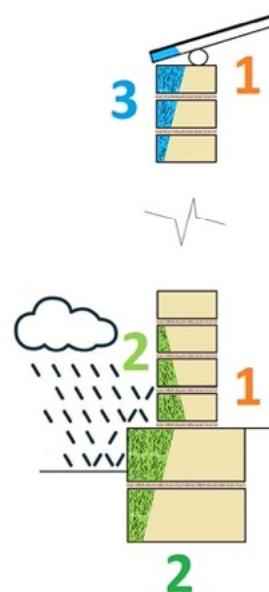
Bien si la CRM et l'AICRL n'ont pas encore envisagé ensemble des projets d'habitat durable en terre crue au Madagascar, les missions dans les autres pays ont permis un constat des situations à encourager et aussi à corriger, avec l'adobe comme protagoniste principal. En attendant la création d'une future Base de Données africaine, qui contiendra toute l'information technique actuelle et produite dorénavant, nous avançons avec les aspects graphiques -facilement partageables avec maçons et bénéficiaires sans connaissances techniques- des solutions proposées. Les équipes pourront, donc, identifier des détails en commun et les adapter aux besoins locaux.

LES 115 MAISONS DEJÀ CONSTRUITES À NAKYOYA	PROBLÈMES TROUVÉES	SOLUTIONS PROPOSÉES
		
- MURS SUR AXES DES FONDATIONS FAVORISANT L' ÉROSION	1. SPLASHBACK	1. CHANFREIN EN MORTIER + GOUTTIÈRES
- APPAREILLAGE EN PANNERESSE => MURS DE 20 CM : * ÉPAISSEUR CRITIQUE DES MURS ORIENTÉS VERS LES PLUIES	2. FAIBLE POIDS POUR ATTACHE DE TOÎTURE 2. MORTIERS MAL DOSÉS / MAL HYDRATÉS	2. AJOUT DE POIDS AUX 4 COINS 2. MORTIERS FINS / BIEN HYDRATÉS
		3. CRÉPISSAGE TERRE - SABLE - CHAUX

RD CONGO

PROPOSITION POUR 35 MAISONS À CONSTRUIRE	MUR EXTÉRIEUR EXPOSÉ AUX PLUIES	RESTE DES MURS EXTÉRIEURS
- PÉRIMÈTRE ALIGNÉ AVEC L'EXTÉRIEUR DES FONDATIONS	1. ALIGNEMENT EXTÉRIEUR SUR FONDATIONS	1. ALIGNEMENT EXTÉRIEUR SUR FONDATIONS
- MURS ORIENTÉS VERS LES PLUIES, EN BOUTISSE => 30 cm : *ÉPAISSEUR SUPPORTANT MIEUX LES FORTES INTEMPORIES *POIDS FAVORISANT L'ATTACHE DE LA TOITURE SOUS LE VENT *15 % PLUS DE MATIÈRE TERRE TOTALE (ADOBES + MORTIERS)	1. GOUTTIÈRES 2. MUR DE 30 cm: TOITURE BIEN ATTACHÉE 2. MUR DE 30 cm: RÉSILIENT AUX ÉROSIONS 2. MORTIERS FINS / BIEN HYDRATÉS	1. GOUTTIÈRES 2. AJOUT DE POIDS AUX 4 COINS 2. MORTIERS FINS / BIEN HYDRATÉS
- LES AUTRES MURS RESTENT EN PANNEAU (20 cm)	3. CRÉPISSAGE TERRE - SABLE - CHAUX	3. CRÉPISSAGE TERRE - SABLE - CHAUX

TCHAD

ERREURS ...**système traditionnel****FISSURATION DES MURS**

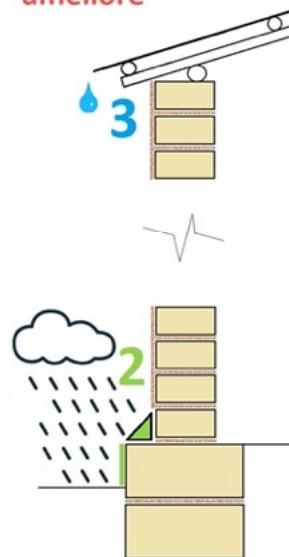
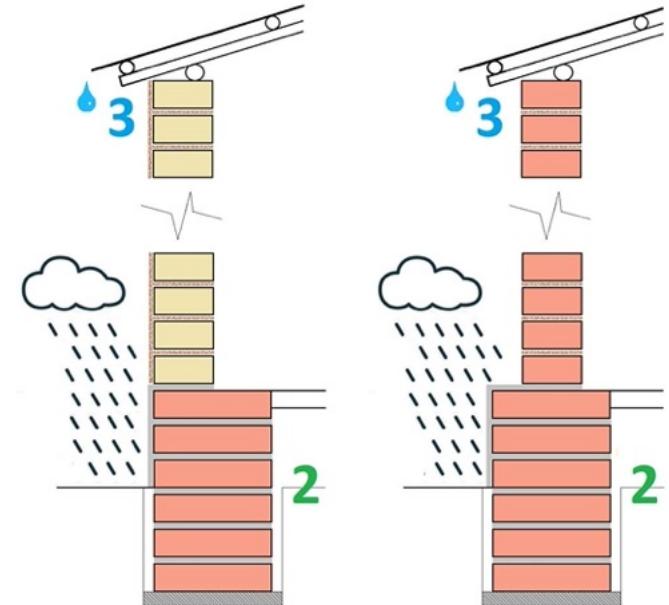
- 1** MANQUE DE CHAINAGES
MORTIERS PARFOIS FAIBLES

FAIBLESSSE DES FONDATIONS

- 2** PROFONDEUR INSUFFISANTE
MANQUE DE COMPACTAGE DES FOUILLES
- 2** SPLASHBACK
(ÉROSION DE LA PLUIE PAR REBOND)

CONCEPTION DES TOITURES

- 3** STRUCTURE PAS PROTEGÉE PAR TOITURE
ACHÉMINANT L'EAU VERS LE MUR

système traditionnel amélioré**système combiné brique cuite + adobe / BTC****2****... SOLUTIONS****système brique cuite****2****FONDATIONS**

- 2** PROTECTION AVEC CRÉPISSAGE ET
CHANFREIN EN CIMENT CONTRE SPLASHBACK

TOITURES

- 3** STRUCTURE PROTÉGÉE PAR LA TOITURE

FONDATIONS

- 2** FONDATION EN BRIQUE, 3 RANGÉES, MORTIER DE CIMENT
SOUBASSEMENT EN BRIQUE, 3 RANGÉES, MORTIER DE CIMENT

- 2**

- 2**

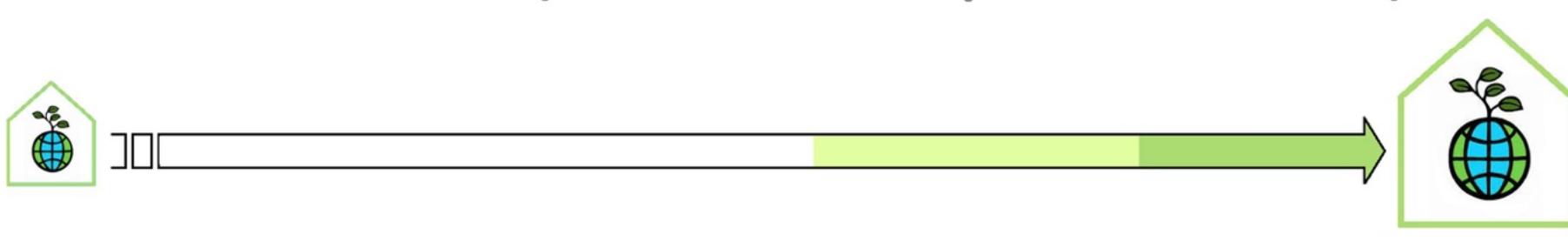
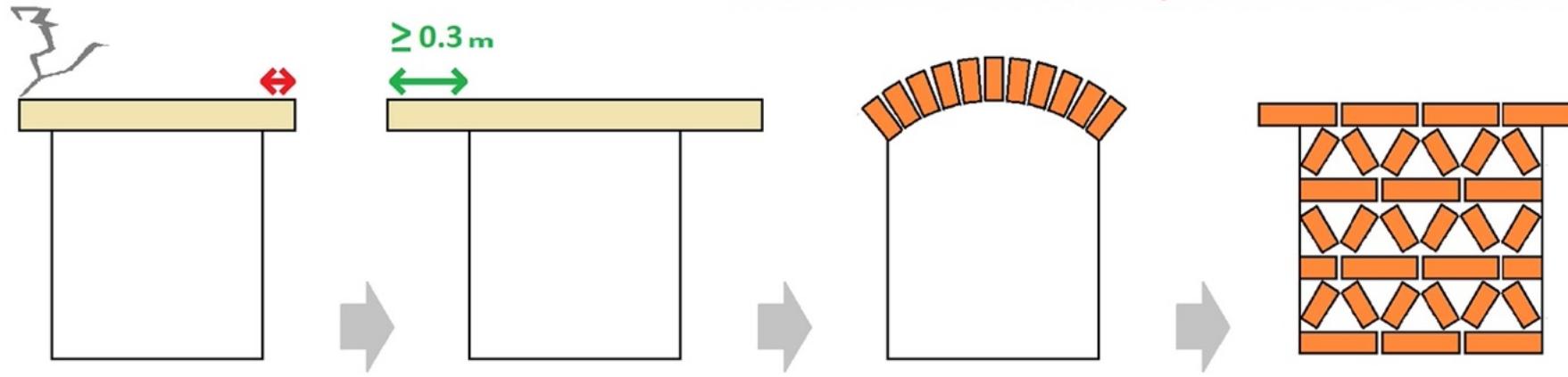
- 2** SOUBASSEMENT CREPI AU CIMENT
CHANFREIN EN CIMENT CONTRE SPLASHBACK

TOITURES

- 3** STRUCTURE PROTÉGÉE PAR LA TOITURE

TCHAD

FENÊTRES : VENTILATION, ÉCLAIRAGE ET SÉCURITÉ



DESIGN : LES DOUBLES MODULES

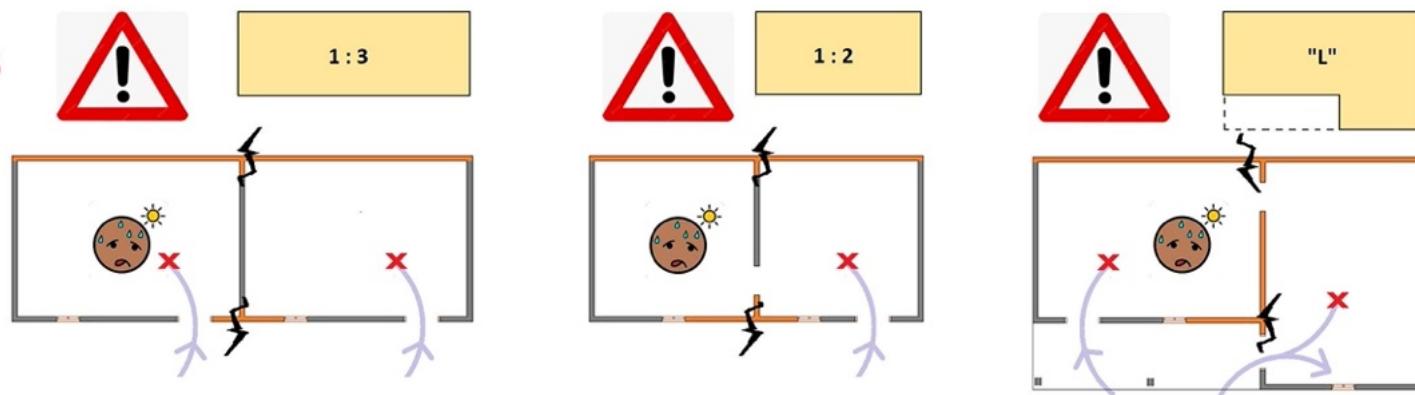
ERREURS...

FISSURATION DES MURS

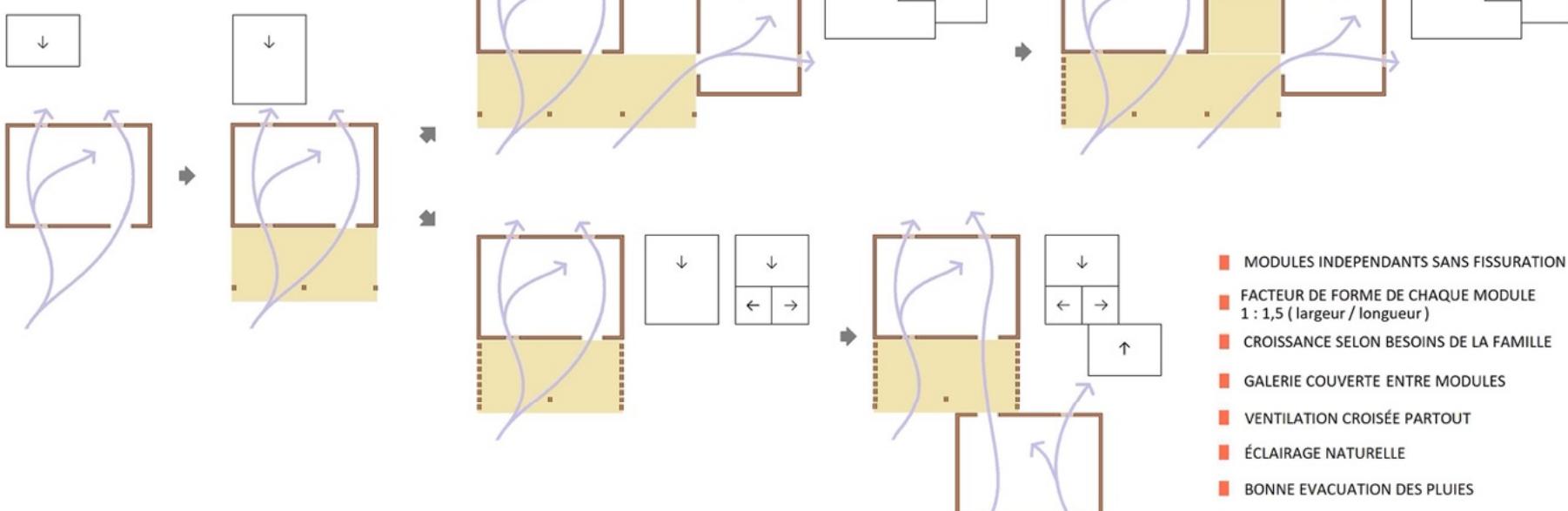
- Faiblesse des longs murs à épaisseur <15 cm.
- Facteur de forme du bâtiment (longueur/largeur)

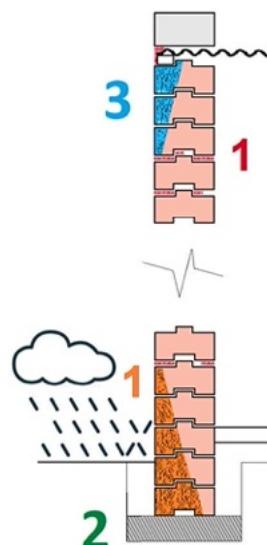
MANQUE DE VENTILATION

- Une seule fenêtre empêchant la ventilation croisée



... ET SOLUTIONS



ERREURS ...maison pilote
en BTC encastrable

MAÇONNERIE DEFECTUEUSE

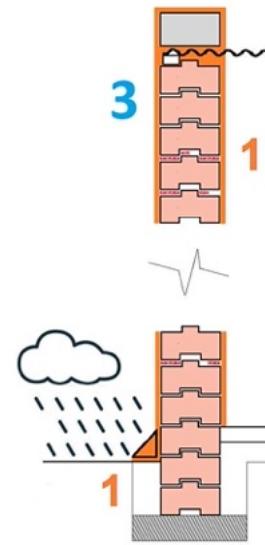
- 1** ÉCARTEMENT IRRÉGULIER ENTRE RANGÉES
ÉPAISSEUR DU MORTIER CHANGEANTE
OU NULLE
- 1** SPLASHBACK
(ÉROSION DE LA PLUIE PAR REBOND)

FAIBLESSÉ DES FONDATIONS

- 2** PROFONDEUR ET DIMENSIONS
INSUFFISANTES
- 2** MATÉRIAUX DE FAIBLE RÉSISTANCE

CONCEPTION DES TOITURES

- 3** MANQUE D'ETANCHÉITÉ ENTRE TOITURE
ET MUR

maison pilote en BTC encastrable
améliorée

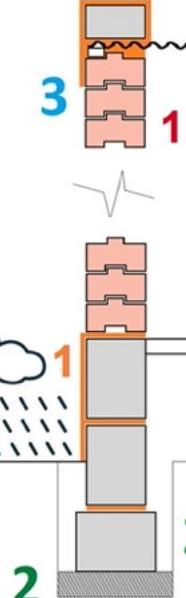
MAÇONNERIE DEFECTUEUSE

- 1** PROTECTION AVEC CRÉPISSAGE +
CHANFREIN EN CIMENT CONTRE SPLASHBACK

TOITURES

- 3** ETANCHÉITÉ ENTRE TOITURE ET MUR

BTC encastrable



MAÇONNERIE

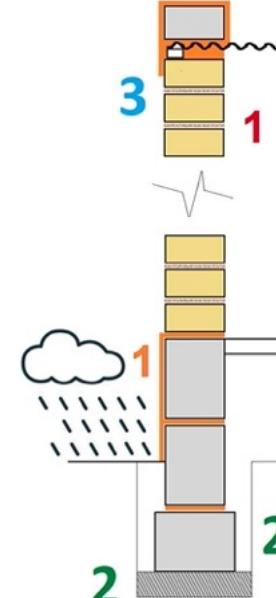
- 1** BTC ENCASTRABLE,
POSE AVEC "BARBOTINE" (MORTIER FLUIDE),
CRÉPISSAGE FACULTATIF

SOUBASSEMENT ET FONDATIONS

- 1** SOUBASSEMENT EN BLOC DE CIMENT 20x40x15 cm +
CRÉPISSAGE AU CIMENT
- 2** FONDATION EN BLOC DE CIMENT 20x40x15 cm
- 2** FOUILLES COMPACTÉES +
BÉTON DE PROPRETÉ (CHAUX / CIMENT - SABLE - GRAVIER)

système combiné terre crue + bloc ciment

BTC simple (recommandé)



MAÇONNERIE

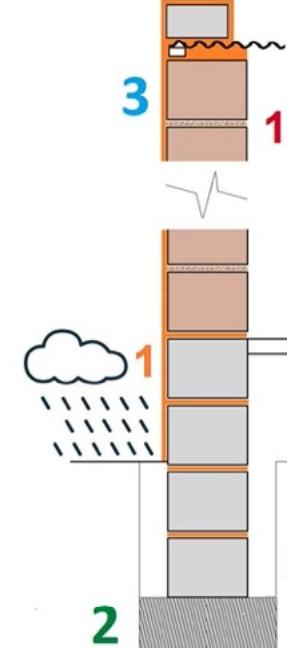
- 1** BTC SIMPLE,
POSE AVEC MORTIER DE TERRE,
CRÉPISSAGE FACULTATIF

TOITURES

- 3** ETANCHÉITÉ ENTRE TOITURE ET MUR

... SOLUTIONS

adobe / "banco"



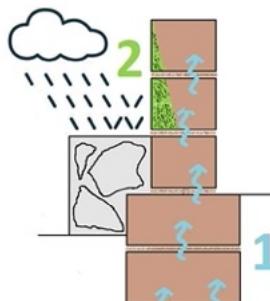
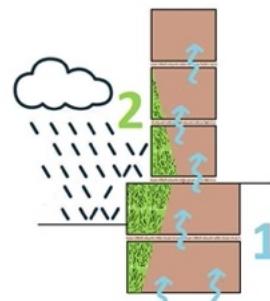
MAÇONNERIE

- 1** ADOBE LARGEUR ≥ 20 cm,
POSE AVEC MORTIER DE TERRE,
CRÉPISSAGE EXTERIEUR NÉCESSAIRE

MAISON

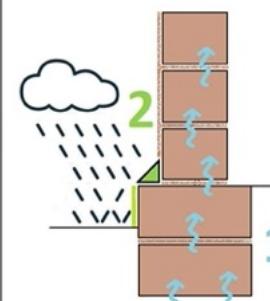
Lors de la mission au Niger, la visite directe des exemples d'abris durables sous la guide du staff AICRL a été impossible, à cause de la situation sécuritaire. Les visites ont été remplacées par des présentations préparées par les responsables de chaque projet, dont les points clés ont été résumés dans ce tableau.

PROBLÈME	MANIFESTATION	SOLUTION PROPOSÉE PAR AICRL-CRN	DÉJÀ CORRIGÉ PAR AICRL-CRN					AUTRES SOLUTIONS PROPOSÉES par SRU aux pays voisins	
			DIFFA			DOSSO			
			2015	2016	2017	2018	2020-24		
1 MAUVAISE CONCEPTION ET CONSTRUCTION DE L'ABRI	Longs murs faibles sans divisions, fissurés	Division en 2 chambres	✗	✗	✗	✗	✓	⊖	TCHAD (pages 23-24)
	Chaleur-froid insupportables dedans	Augmentation de la hauteur intérieure	✗	✗	✓	✓	✓	⊖	
	Fissures (sévères) des murs aux angles	Augmentation d'épaisseur des murs de 20 à 40 cm	✗	✗	✓	✓		⊖	
		Murs de 20 cm. renforcés aux angles					✓	⊖	
		Formation des maçons en jointage			✓	✓	✓	⊖	
	PASSA inexistant	Application d'approche PASSA	✗	✗	✗	✓	✓	⊖	
2 FONDATIONS FAIBLES	Fissuration des murs Remontée capillaire	Augmentation de la profondeur des fouilles en terrain meuble	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖	✓	TCHAD (page 22) MALI (page 25)
3 EROSION HYDRIQUE DU SOUBASSEMENT	Splashback : érosion par rebond des pluies Perte d'épaisseur due aux ruissellements	Augmentation des assises des briques cuites	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖	✓	RD CONGO (pages 20-21) TCHAD (page 22) MALI (page 25)
4 ABSENCE DE CRÉPISSAGE RÉSISTANT	Destruction de l'abri par collage des murs Dégradation prématuée des murs	Crépissage faible en terre	✗	✗				⊖	RD CONGO (pages 20-21) TCHAD (page 22) MALI (page 25)
		Crépissage terre + bouse de vache + paille pourrie 1 semaine			✓	✓		⊖	
		Crépissage (grillagé) au ciment					✓	✓	
5 ATTAKUE DE TERMITES	Affaiblissement de la maçonnerie	Traitement du sol d'assise (fondations)	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖	✓	TCHAD (pages 22-23) MALI (page 25)
	Linteaux + ouvertures : bois de mauvaise qualité	Utilisation de bois de rôtier	✗	✗	✓	✓	✓	⊖	
		Arcs + ouvertures métalliques	✗	✗	✗	✗	?	⊖	
6 FAIBLESSE DE LA TOITURE	Mauvaise qualité de la structure et des tôles causant la perte d'étanchéité	Utilisation de tôles de bonne qualité	✗	✗	✓	✓	✓	⊖	RD CONGO (pages 20-21) MALI (page 25)
	Toiture emportée par le vent violent	Structure métallique	✗	✗	✗	✗	✓	⊖	
		Diminution du débordement des tôles versantes	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖	✓	
		Attache de la structure de toiture à la maçonnerie avec fil galvanisé	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖	✓	
	Pauvre protection des murs et étanchéité	Prolongation de la toiture vers la pente	✗	✗	✗	✓	✓	⊖	
7 OUVERTURES	Mauvais scellement maçonnerie - cadres	Changement du dosage du mortier	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖	✓	TCHAD (page 23)
	Arcs incorrectement maçonnés	Formation des maçons en arcs	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖	✓	

ERREURS ...**ADOBÉ**
système traditionnel**FAIBLESSES DES FONDATIONS
ET BASE DES MURS**

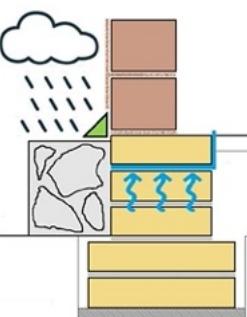
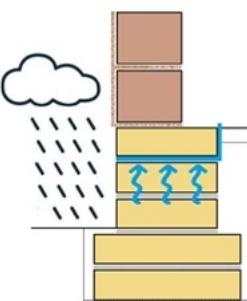
1 REMONTÉE CAPILLAIRE
(ABSORPTION D'EAU DU SOL PAR MURS)

2 SPLASHBACK
(ÉROSION DE LA PLUIE PAR REBOND)

ADOBÉ
système traditionnel
amélioré**FONDATIONS ET BASE DES MURS**

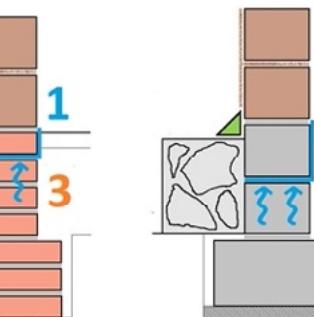
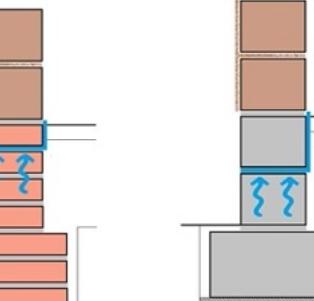
1 REMONTÉE CAPILLAIRE
(ABSORPTION D'EAU DU SOL PAR MURS)

2 PROTECTION AVEC CRÉPISSAGE ET
CHANFEIN EN CIMENT CONTRE
SPLASHBACK

ADOBÉ
+ BTC**ADOBÉ**
+ brique cuite**ADOBÉ**
+ parpaing ciment**ADOBÉ**
+ brique cuite
+ parpaing ciment**FONDATIONS, SOUBASSEMENT ET BASE DES MURS**

1 BARRIÈRE CAPILLAIRE

2 PROTECTION AVEC CRÉPISSAGE ET
CHANFEIN EN CIMENT CONTRE
SPLASHBACK

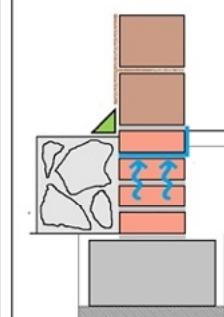
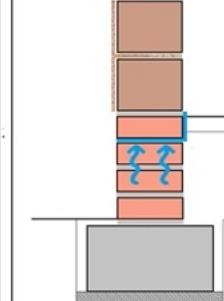
**FONDATIONS, SOUBASSEMENT ET BASE DES MURS**

1 SOUBASSEMENT EN MATERIAUX DIVERSES,
MORTIER DE CIMENT, HAUTEUR IDÉALE ≥ 40 cm

4 FONDATIONS EN MATERIAUX DIVERSES,
MORTIER DE CIMENT, FOUILLES COMPACTÉES

... SOLUTIONS

BURUNDI



12. Conclusions et recommandations

L'AICRL et sa SRU-Unité de recherche sur l'hébergement sont particulièrement engagés avec l'évolution constante vers des solutions durables, appropriées et respectueuses de l'environnement en matière d'habitat. La transition dès les systèmes constructifs plus polluants, energivores et responsables de la déforestation, vers des techniques de construction anciennes ou nouvelles utilisant des matériaux locaux, terre crue notamment, est un de ses objectifs actuellement.

Deux objectifs clé ont conformé cette longue mission : la recherche typologique et constructive aux Hautes Terres, et la formation certifiante ECVET. Les deux, pour le moment, indépendantes : les zones de travail de l'AICRL ne coïncident pas avec celles où la terre est le matériaux de construction par excellence. La mission, cependant, vise à établir une liaison entre eux dans l'avenir pour permettre aux techniciens, desks, décideurs, de se inspirer à partir des présents résultats -même si très resumés, pleins d'information guidant vers d'ultérieures recherches. Avec l'espoir d'avoir ouvert une petite porte vers cette intégration, cette riche expérience laisse les suivantes conclusions et recommandations -certaines partagées avec d'autres pays, certaines exclusives de Madagascar :

1. L'intérêt professionnel des candidats montre un potentiel de recherche de base, prêt pour être par ces 15 techniciens et techniciennes qui ont prouvé leur compétence, même avec le défi de la langue! Comme ailleurs, **l'expérimentation, validation et partage des solutions locales devraient être encouragés par les responsables**, avec du temps réservé aux tests et aux idées, et leurs conclusions: ils font partie des objectifs de l'ECVET Africain et ne doivent pas se considérer une perte d'heures de travail -plutôt au contraire.
2. **L'appropriation populaire des avantages de la terre crue au-delà des Hautes Terres est un défi didactique à considérer** -point partagé dans tous les pays. Des démonstrations publiques avec discussion et participation active dans les quartiers sont prouvées. Vulgariser les essais permettant l'identification des bonnes terres au même temps que montrer des images de maisons bien construites en matériaux locaux, raconter des témoignages de personnes propriétaires de leurs propres presses BTC, etc. **Les animateurs et animatrices, têtes visibles sur le terrain des nouveaux projets d'habitat humanitaire, devraient inclure la sensibilisation basée sur leurs connaissances ECVET parmi leurs objectifs**, si dans l'avenir, la terre crue fait partie des projets d'habitat au Madagascar.

Au-delà de cette vulgarisation parmi les futurs bénéficiaires, **la reproduction des compétences techniques acquises avec l'ECVET s'avère aussi fondamentale au sein des équipes nationales : membres du staff, techniciens, maçons, briqueteurs, volontaires CR, etc.**

Cette reproduction et vulgarisation des compétences acquises avec l'ECVET est l'objectif principale de la FDF Formation de Formateurs ECVET, qui réunira au début 2025 à une vingtaine de personnes certifiées de tous les pays africains partenaires de l'AICRL avec la vocation de créer un partage transnationale d'expériences et résultats qui enrichira énormément les futures réponses locales. **Malgré les responsabilités de certains personnes choisies, il est capital que chaque pays autorise leur participation pendant deux semaines.**

3. Au Madagascar, le savoir-faire de la terre crue en construction s'adapte à la géographie : la maçonnerie en adobe, accompagnée de la bauge monolithique, sont maitrisées aux pleines argileuses des Hautes Terres intérieures ; le torchis, système mixte végétal + terre, est répandu à mesure que la forêt et la pluie deviennent les protagonistes. Les techniciens, ingénieurs et architectes actuels ne reçoivent aucune formation spécifique en la matière. L'intérêt suscité dans le groupe par cette formation ECVET sur la matière terre s'exprime avec leur **demande d'approfondissement avec d'autres unités ECVET aussi essentielles, dans l'avenir** – notamment, une introduction au BTC qui n'a pas été touché que tangentielle... à manque de presse !
4. Comme on a expliqué, le moment de la terre crue aux projets malgaches n'est pas encore arrivé. Il serait donc **précipité de suggérer cet approfondissement jusqu'à ce que la volonté d'intégration de la terre crue se matérialise à travers un projet d'habitat** qui l'inclue. Cependant, pour plusieurs «pays AICRL» travaillant déjà avec la terre (adobe, BTC) on peut déjà proposer un futur parcours ECVET au niveaux 1 et 2 : Unité P-Production, Unité C-Crépissages, Unité B-Construction. Un travail complémentaire, au sein des auteurs européens du système ECVET EB, serait nécessaire, mais toujours faisable si l'intérêt de l'AICRL l'accompagne.
5. En attendant la FDF Formation de Formateurs ECVET qui abordera la vulgarisation, l'incorporation dans ce rapport des détails techniques d'amélioration proposés lors des missions précédentes se fait avec la même vision : ces **solutions des détails constructifs adaptés à la réalité locale et aux petits budgets** sont créées pour **les imprimer en grand format et les partager** lors des séances communautaires et au sein des corps des artisans impliqués -n'importe de quel pays. Aussi pour **s'inspirer et créer d'autres** localement.

Dans l'avenir proche, ce **corpus** de solutions devrait s'intégrer au **Réseau Africain de la Terre**, à créer une fois que la Formation de Formateurs ECVET serve comme fondement pour une première **base de données** de formateurs, ingénieurs, chefs de travaux, maçons, briquetiers, hommes et femmes dépassant la centaine de

personnes. Mis en ligne, ce réseau suivra l'exemple d'autres, comme la Red PROTERRA⁴ (Amérique Latine, Espagne, Portugal) et permettra non seulement **l'échange technique** entre collègues lointains sur des problèmes en commun et solutions valides, mais aussi la création d'une **bourse d'emploi** potentielle ouvrant l'horizon professionnel en déplacement aux techniciens ECVET.

6. Une recommandation qui s'adresse au **siège au Luxembourg**. Lors des nombreux échanges dans ces années 2023 et 2024, et de la lecture des projets et documents préparés au siège par les Desks des pays et par la même SRU, on constate des erreurs conceptuelles quand le sujet est la terre crue (dénominations, techniques, technologies appropriées, etc.) - *Tout à fait logique quand il s'agit des professionnels venant d'autres domaines !* Cependant, cette méconnaissance peut causer des distorsions de compréhension non seulement au terrain, non seulement entre collègues, mais aussi avec les bailleurs : un projet qui n'est pas correctement défini cause des problèmes d'interprétation, d'exécution, puis de justification...

Pour minimiser ces risques, en octobre 2023 une première formation basée sur l'ECVET (mais incomplète à cause du temps disponible) fut partagée avec l'équipe du siège, sans certification, mais jugée satisfatoire par tous. Cependant, à mesure que le programme ECVET en Afrique approfondissait sur le BTC et ses compléments incontournables : les presses, les nombreuses erreurs répétées tant au siège comme au terrain ont exigé des éclaircissements permanents qui confirment que **la formation introductive pour le staff au siège devrait se compléter avec une vraie formation certifiante ECVET M Niveau 2 + introduction au BTC** - la même reçue par les africain/es certifié/es. Idéalement, examen y compris, soit au Luxembourg, soit en Afrique.

7. Dans le cas ponctuel de Madagascar, où la terre n'a pas encore été inclue dans les projets d'habitat, **si le moment de lancer le BTC arrive, un suivi rigoureux de l'acquisition des presses est spécialement recommandé**, soit qu'elles soient fabriquées localement ou importées.

Pour conclure, l'idée essentielle avec de petits changements de pays en pays, de rapport en rapport, se présente ainsi : si l'AICRL-SRU, avec la CRM et ses technicien/nes certifié/es, arrivent à dévoiler et confirmer les avantages de la terre crue à travers la transmission du savoir-faire des techniques et configurations architecturales adaptées et durables, technologique et économiquement abordables, compatibles avec d'autres systèmes durables -spécialement au Madagascar- et *fortifiées à travers un réseau africain*, le résultat sera des maisons *résistantes, confortables et bien finies* comme la population locale désire, et la transition vers l'habitat adapté au 21^{ème} Siècle sera une réalité.

Un grand merci à toute l'équipe malagasy pour l'engagement, la disponibilité et la chaleur humaine trouvées à Antananarivo, Mananjary et Ranomafana.

María Brown Birabén – PFCT

⁴ <https://redproterra.org/es/>

ANNEXES

Construire en terre : diagnostic, renforcement des capacités et certification de compétences pour réduire l'impact environnemental de l'habitat humanitaire au Madagascar

TERMES DE REFERENCE

Dates : 01.05.2024 - 27.05.2024

Contexte et justification de la mission

Les Sociétés nationales de la Croix-Rouge sont souvent appelées à prendre les devants dans différentes crises. Elles ont donc besoin d'être équipées de solutions d'abris efficaces, conçues de manière participative et respectueuses de l'environnement.

Madagascar présente l'un des niveaux de risque cyclonique les plus élevés d'Afrique, avec trois à quatre tempêtes tropicales ou cyclones par an, dont la plupart provoquent des pertes économiques soudaines et très élevées.

La saison cyclonique s'étend de novembre à avril, le risque le plus élevé se situant pendant les quatre mois de l'été austral, entre janvier et avril. Les cyclones peuvent causer des dommages importants, notamment la perte et la destruction de récoltes, l'augmentation de l'incidence des épidémies, la dégradation des écosystèmes côtiers et marins, la perturbation des services urbains tels que l'eau et l'électricité, les transports, l'endommagement des infrastructures, la destruction des cultures et parfois la perte de vies humaines.

Les résultats du RGPH-3 révèlent que Madagascar compte 6 108 370 habitations constituées principalement par des maisons individuelles ou villa (82,9 %). Ces habitations sont réparties sur le territoire national avec un taux d'occupation d'environ 10,32 bâtiments/km². Pourtant, si on s'intéresse à la durabilité des matériaux avec lesquels sont construites les structures, on constate que la plupart sont faits avec des matériaux précaires. En d'autres termes, le taux de vulnérabilité de l'habitat par rapport aux risques de catastrophes reste élevé.¹

En outre, les écosystèmes naturels spécifiques et fragiles de Madagascar sont gravement affectés, non seulement à cause de l'impact des cyclones mais également en raison de la sécheresse persistante dans le sud et à la déforestation générale de l'île, l'impact sur l'équilibre naturel est dramatique. En conséquence, les populations de l'île et son habitat naturel déjà détérioré sont extrêmement vulnérables.

L'architecture traditionnelle est intimement liée aux ressources disponibles. En particulier, le bois des forêts tropicaux est gravement affecté par ce processus de détérioration de l'environnement sur l'île.

Jusqu'à présent, l'action de la SRU-Shelter Research Unit, de l'AICRL-Aide Internationale de la Croix-Rouge luxembourgeoise, s'est concentrée géographiquement sur les zones dites couloirs cycloniques afin d'étudier, de développer et de proposer des solutions d'abris humanitaires appropriées et respectueuses de l'environnement.

Cette mission, faisant partie du projet « Soutien technique et renforcement des capacités de l'Afrique australe et de la région des Grands Lacs », vise à élargir cette vision au-delà des couloirs cycloniques : *l'un des matériaux locaux traditionnels de Madagascar est la terre crue, protagoniste des techniques répandues tout au long des territoires intérieurs*. Pour cela, un premier diagnostic des forces et faiblesses des systèmes traditionnels en terre crue, suivi d'une présentation des projets en cours dans la zone cyclonique, est proposée. À continuation, une formation certifiante ECVET Earth Building -système européen que l'AICRL offre dans tous les pays d'intervention à travers sa PFCT Point Focal Construction en Terre- adaptée au contexte malgache, sera partagé avec 12 candidats, notamment maçons et artisans de la construction.

Objectifs de la mission

1. Une idée globale plus claire par rapport aux matériaux et systèmes de construction en terre crue, traditionnelles et «modernisée », et leur rapport avec la géographie, climatologie et ethnographie, est obtenu et rapportée pour des analyses ultérieures.
2. 12 personnes, hommes et femmes volontaires de la CRM et artisans du bâtiment de profession, sont formées selon le système ECVET Earth Building dans l'Unité M-la matière terre, et obtiennent leur certification -la même qu'en Allemagne ou France obtiennent leurs collègues de métier.

Résultats attendus

1. La capitalisation des savoirs acquis lors du voyage de diagnostic, à travers un atelier d'échange entre la PFCT spécialiste et les responsables au sein de la CRM, pour une ultérieur incorporation aux nouveaux projets.
2. La considération, dès la CRM, des nouveaux techniciens ECVET comme des personnes qualifiées pour l'identification, essai et fabrication d'échantillons et certains matériels de construction en terre crue, indispensables au début de n'importe quel projet avant la prise de décisions techniques
3. Livrable : un rapport en format A4, avec toutes les activités, conclusions et recommandations de cette mission sera élaboré par la PFCT et partagé pour validation et application à niveau de la CRM.

Méthodologie pour la mission

1. Pour le diagnostic « traditionnel – actuel », voyage de la PFCT en voiture de 3 à 4 jours de durée à travers les Haute Terres en descendant vers Mananjary.
2. Pour le contact avec le savoir-faire local à niveau construction anticyclonique, visites de la PFCT dans les alentours de Mananjary guidée par le staff local.
3. Pour la formation et certification ECVET EB, le suivi des protocoles de cette méthodologie (voir Annexe 1).

Calendrier de la mission

Jour	Date	Activité	Localité	Distance	Hébergement	Nuitées	Total jours
Me	01/05/2024	Vol dès Dakar				*	
J	02/05/2024	Vol dès Dakar	Arrivée Antananarivo		Antananarivo	2	
V	03/05/2024	Présentation Siège	Antananarivo				
S	04/05/2024	Diagnostic Terre - Etape 1	Antananarivo - Antsirabe	166 km	Anstsirabe	1	
D	05/05/2024	Diagnostic Terre - Etape 2	Antsirabe - Amositra	94 km	Amositra	2	
L	06/05/2024	Repos	Amositra				
M	07/05/2024	Diagnostic Terre - Etape 3	Amositra - Ranomafana	135 km	Ranomafana	1	
Me	08/05/2024	Diagnostic Terre - Etape 4	Ranomafana - Mananjary	138 km			
J	09/05/2024	Visites, préparation ECVET	Mananjary		Mananjary	6	27
V	10/05/2024	Visites, préparation ECVET	Mananjary				
S	11/05/2024	Repos	Mananjary				
D	12/05/2024	Repos	Mananjary				
L	13/05/2024	Démarrage formation ECVET	Mananjary - Ranomafana	138 km	Ranomafana	11	
V	24/05/2024	Diplômes ECVET - Clôture	Ramomafana - Mananjary	138 km	Mananjary	1	
S	25/05/2024	Vol interne	Mananjary - Antananarivo		Antananarivo	2	
D	26/05/2024	Repos	Antananarivo				