



**Forum
MICD-AO**

**MATÉRIAUX INNOVANTS ET
CONSTRUCTION DURABLE
EN AFRIQUE DE L'OUEST**



RECUEIL DES SOLUTIONS POUR LA CONSTRUCTION DURABLE



**28 AU 31 MAI 2024
GRAND THÉÂTRE DE DAKAR - SÉNÉGAL**

Le Forum MICD-AO a été l'occasion de partager de nombreuses solutions en mesure d'apporter des réponses aux attentes de la construction durable. Ces propositions ont notamment fait l'objet de publications sous forme de posters qui ont été affichés pendant les quatre jours du Forum. Elles sont présentées dans ce recueil et sont précédées de cinq articles introductifs.

SOMMAIRE

0. Articles introductifs

Construction durable et climat : spécificités et perspectives ouest-africaine	4
Solutions constructives, matériaux, végétalisation : innover pour s'adapter aux besoins, aux attentes et aux moyens	6
Quel financement alternatif pour booster le secteur de la construction durable en Afrique de l'Ouest	8
Construction durable, évaluation des performances environnementales des bâtiments et changement climatique : défis et enjeux	10
Comment les chercheurs du Sénégal tentent-ils de transformer une catastrophe écologique en opportunité économique ?	12

1. Habitat durable

14

Développement d'un entrepôt bioclimatique pour la conservation des légumes dans la zone sahélo-sahélienne	14
Développement d'une filière écoconstruction en Voûte Nubienne en Afrique de l'Ouest	15
Préservation du patrimoine bâti et développement urbain durable : enjeux, défis et perspectives à partir de la ville de Lomé	16
Évaluation du comportement thermique d'un bâtiment bioclimatique	17
Coconstruire de l'expertise inclusive des connaissances locales ; Vers des projets d'amélioration de l'habitat en Afrique de l'Ouest	18
Le secteur du bâtiment et le changement climatique	19
La voûte nubienne, une filière de développement et de formation durables pour le Sénégal. (DEFI-VNA)	20
Bibliothèque en Casamance, un démonstrateur bioclimatique et de savoir-faire	21
PHARD : Promotion d'un Habitat Abordable Résilient et Durable	22
Fawru : Un complexe commercial bioclimatique pour produits agricoles à Matam	23
UCAD : logements bioclimatiques en briques locales	24
Construction sans Climatisation et Confortable (CoCliCo), Sénégal	25
Résilience Communautaire par le Patrimoine, l'Économie et la Nature	26

2. Vulgarisation des résultats/Plaidoyer

27

Étude comparative du bilan carbone d'un plancher en éco-matériaux et un plancher traditionnel"	27
Enjeux économiques de l'utilisation des matériaux locaux dans la production de logement	28
TOMA – Terres d'Outre Mer Allégées	29
Normalisation des granulats végétaux pour la confection des bétons et des mortiers biosourcés – NG2B-A	30
Guide des bonnes pratiques TyC CAO au service de la construction à base de Typha : Blocs à maçonner, hourdis et enduit argile-typha, toiture en cl	31

3. Brique en terre et autres matériaux géo-sourcés

32

Caractérisation thermomécanique des briques en terre élaborées à partir de terres excavées de Diamniadio au Sénégal	32
Valorisation de l'argile gonflante de Diamniadio dans la construction : cas d'un mur en pise	33
Caractérisation thermomécanique d'un bloc de terre comprimée, stabilisée au ciment et renforcée aux fibres de Typha	34
Maçonnerie de Bloc de latérite taillée (BLT) : Techniques d'extraction, de pose et dégradations"	35

4. Matériaux biosourcés à matrice argileuse	36
Valorisation de cendre de balle de riz (CBR) de Côte d'Ivoire pour la réduction de l'utilisation du ciment dans la fabrication de Blocs de Terre Comp	36
Caractérisation thermomécanique de brique à base de typha et de la bouse de vache	37
Analyse physicochimique et thermique de l'adobe à base du matériau composite latérite-gomme arabique et bagasse de canne à sucre	38
Mise en place d'une unité pilote de production de panneaux OSB à base de Typha au Sénégal	39
5. Matériaux biosourcés à matrice cimentaire/Plâtre	40
Valorisation de la balle de riz et de la bagasse de canne à sucre dans la construction durable	40
Effet de la teneur et de la longueur des fibres de noix de coco sur le comportement physico-mécanique des blocs de terre comprimée et stabilisée	41
Détermination des propriétés thermophysiques des matériaux biosourcés à base de typha et des liants (latérite, plâtre, ciment et résine) pour l'uti	42
Élaboration et étude thermo physique des plaques de plâtres biosourcées destinées à l'isolation thermique dans le bâtiment	43
6. Recyclage de déchets	44
Élaboration d'un matériau innovant à base de cendre et du plâtre	44
Étude expérimentale et simulation du comportement thermique d'un matériau de construction issu de déchets de bois Iroko et de Polyéthylène H	45
Valorisation des pneus usagés par l'élaboration de matériaux de construction	46
Développement de panneaux durables à base de balle de sorgho	47
Valorisation des bouteilles en verre dans la fabrication des Briques en Terre Comprimée (BTC) cuites	48
Projet de Développement de pavés écologiques pour les revêtements durable et populaire des Voies Secondaires	49
Caractérisation physicochimique de briques composites à base de sable, de calcaire et de déchets plastiques	50
7. Liants bas carbone	51
Développement de liants bas-carbone et de briques de terre comprimées (BTC) sans clinker et à base de géopolymères	51
Formulation et mise en place d'une unité de production des sacs de matières premières pour enduits monocouche intérieur et extérieur	52
Conception d'une ligne industrielle de production de ciment écologique à base de pouzzolane de déchets agricoles	53
Adaptabilité et avantages de la mise en œuvre des ciments éco-efficaces dans l'industrie locale sénégalaise	54
Fabrication d'un liant hydraulique par activation alcaline des cendres volantes de charbon avec incorporation de phosphogypse	55
Effet de certains adjuvants organiques sur les propriétés d'un éco-matériau à base de terre	56
Cosse de néré : une alternative durable au ciment au Togo ?	57
Impact des adjuvants sur la caractérisation thermomécanique de la formulation F200 du béton ciment-sésame	58
8. Développement d'outils de mesure et de simulation	59
Développement d'outils de caractérisation thermique à faible coût des matériaux locaux de construction	59
Évaluation des performances thermiques des matériaux de construction par une méthode numérique bidimensionnelle	60
Validation expérimentale et numérique d'un modèle de transfert couplé de chaleur et de masse au sein des matériaux biosourcés	61
Un outil d'aide à la décision pour la réhabilitation des logements sociaux dans les villes d'Afrique subsaharienne : cas de Malabo	62

Solutions constructives, matériaux, végétalisation : innover pour s'adapter aux besoins, aux attentes et aux moyens

L'équation délicate et douloureuse de la construction durable

L'ONU a publié il y a quelques semaines (01/03/2024) le [Global Resource Outlook 2024](#), rapport qui « constate que la croissance de l'utilisation des ressources depuis 1970, qui est passée de 30 à 106 milliards de tonnes [...], a des impacts environnementaux spectaculaires. Dans l'ensemble, l'extraction et le traitement des ressources représentent plus de 60 % des émissions de réchauffement de la planète et 40 % des effets de la pollution atmosphérique liés à la santé ». Responsable d'environ 50% de la consommation de ces ressources, la construction participe massivement et de plus en plus à cette situation : durant le XX^{ème} siècle les prélèvements de ressources minérales pour la production de matériaux de construction ont été multipliés par 34 alors que ceux utilisés pour l'énergie – grand sujet de la période – n'ont été multipliés « que » par 12¹. Ces constats ne donnent pourtant et malheureusement qu'une vision incomplète des enjeux concernant le secteur. Il faut aussi considérer les dimensions sociales et économiques qui sont également écrasantes. Alors que plus d'un milliard de personnes vivent² dans des bidonvilles et que la pression démographique s'intensifie, la question qui se pose semble insoluble : comment construire beaucoup plus en respectant les exigences environnementales du développement durable ?

Trois pistes

Face à cette équation délicate et douloureuse, trois pistes peuvent contribuer à apporter des réponses. La première est celle proposée par les trois R de l'économie circulaire : réduire, réutiliser et recycler. Aux vues de ce qui est énoncé plus haut, le premier R – couramment conjugué en sobriété ou « frugalité » – est sans doute, au moins au premier degré, une idée de nanti pour des nantis et ne saurait remettre en cause le droit pour tous d'accéder à un logement digne. On entend en revanche aisément les potentiels du réemploi et du recyclage. Ces approches s'imposent progressivement et doivent, aujourd'hui, être pris en compte dès la conception des bâtiments (écoconception).

La deuxième piste est de recourir à des ressources abondantes, dont l'extraction et la transformation ont des impacts environnementaux les plus faibles possibles. On pense bien sûr à la pierre et à l'argile. Couramment regroupée sous le terme de « géo-ressource » - terme qui n'est peut-être pas suffisamment représentatif des spécificités sous-entendues - ces matières premières sont disponibles en grande quantité dans de nombreuses régions. Et elles bénéficient souvent d'un savoir-faire traditionnel qui ne demande qu'à s'adapter aux exigences

contemporaines grâce à des démarches d'innovation intelligentes.

La troisième réponse est celle proposée par la bioéconomie. Selon les experts du domaine c'est une économie vertueuse basée sur la photosynthèse laquelle, en combinant la captation du CO₂ de l'air à une énergie propre, gratuite et abondante - l'énergie solaire - permet de produire la biomasse. En dehors d'atouts environnementaux - que ne peuvent revendiquer d'autres ressources : stockage long du carbone, renouvelabilité de la matière, minéralisation du carbone, etc. - les matériaux biosourcés détiennent des caractéristiques techniques qui les rendent particulièrement performants pour adapter les bâtiments au réchauffement climatique. Ce potentiel, encore trop peu valorisé, est en mesure d'améliorer significativement le confort des bâtiments et fait l'objet de nombreux travaux de recherche, d'innovation et de développement dans le monde.

Quelques précautions

Au-delà de cet état des lieux de solutions, plusieurs précautions s'imposent quant aux choix de matériaux dans une démarche de construction durable.

En premier lieu, il est nécessaire de raisonner à l'échelle du bâtiment et en termes de valeur d'usage ou de service rendu. Par exemple, il importe peu qu'un matériau utilisé en petite quantité ait un « mauvais » profil écologique s'il permet l'économie d'une grande quantité d'autres ressources plus qualitatives. Les classifications de matériaux et autres labels produits n'ont qu'un intérêt marketing. Seule une analyse du cycle de vie complète et dynamique à l'échelle du bâtiment peut permettre d'approcher des réponses objectives.

Il faut, par ailleurs, se méfier des préjugés. Le bilan carbone d'un matériau fabriqué dans une usine optimisée à l'autre bout du monde et transporté par bateau peut être meilleur que celui d'une production mal gérée située à 200 km et voyageant en camion. Une toiture en tuiles en terre cuite à emboîtement pèse plus de 40kg/m² ; une tôle ondulée galvanisée – peut-être trop souvent décriée – pèse environ dix fois moins et assure une excellente réflexion des rayons solaires ce qui peut en faire une solution efficace. Nombre de « bonnes solutions » répétées à l'envi se révèle, après analyse objective, peu pertinente.

En synthèse, il ne faut jamais perdre de vue qu'il n'y a pas des bons et des mauvais matériaux, mais des matériaux utilisés ou pas à bon escient et bon endroit.

En Afrique de l'Ouest encore plus qu'ailleurs, les solutions appartiennent à l'innovation

Les complexités évoquées en introductions sont particulièrement criantes sur le continent africain et notamment en Afrique de l'Ouest. Le journal Le Monde titrait il y a quelques jours (25/4/2024) « *En Afrique, la chaleur affecte déjà lourdement le bien-être des populations et leur survie économique*³ ». L'article évoque, pour les augmentations de chaleur, un « tueur silencieux » et insiste sur l'urgence à faire face à la situation. Pour protéger les populations les bâtiments sont bien sûr un élément clé. Mais les réponses doivent prendre en compte de nombreux paramètres très contraignants (sociaux, économique, culturel, etc.). Les solutions évoquées plus haut peuvent largement contribuer aux réponses mais ne pourront y parvenir indépendamment. Il est indispensable de les conjuguer entre elles et avec d'autres – comme, par exemple la végétalisation – et d'optimiser les synergies. Pour y parvenir, la recherche et l'innovation sont les passages obligés. C'est également le thème du Forum MICD-AO.

Bernard BOYEUX

BioBuild Concept

¹<http://www.vegetal-e.com/fr/fiche/document-110/2009-growth-in-global-materials-use-gdp-and-population-during-the-20th-century.html>

²Le nombre de personnes vivant dans les bidonvilles est difficile à évaluer et, a fortiori, toutes les prévisions sont à prendre avec précaution. L'ONU – qui a annoncé qu'il pourrait atteindre 2 milliards en 2050 – reste aujourd'hui très prudente alors que certaines extrapolations ont fait état de 3 milliards.

³https://www.lemonde.fr/afrique/article/2024/04/25/en-afrique-la-chaleur-affecte-deja-lourdement-le-bien-etre-des-populations-et-leur-survie-economique_6229779_3212.html

Quel financement alternatif pour booster le secteur de la construction durable en Afrique de l'Ouest

Face à la raréfaction des ressources non renouvelables, à la hausse du prix des matières premières et à l'augmentation des pollutions et des quantités de déchets, de nouvelles réflexions s'imposent sur une refonte de nos modèles de production et de consommation. Dans cette optique, le secteur de la construction durable en Afrique de l'Ouest émerge comme un pilier essentiel de la transition vers une économie plus respectueuse de l'environnement.

Les institutions financières, en tant que moteurs de l'économie, jouent un rôle déterminant dans cette transition. Elles doivent réviser leur structure pour s'adapter à ces évolutions et opter pour des approches de financement novatrices afin de répondre aux besoins de leur clientèle. Le financement alternatif offre des solutions adaptées aux défis spécifiques du secteur de la construction durable en Afrique de l'Ouest.

Au Sénégal, seulement deux entités sont accréditées par le fonds vert pour le climat, avec la Banque Agricole étant la seule banque accréditée à ce jour. En 2022, le Sénégal a bénéficié du financement du Fonds Vert pour le Climat pour la mise en œuvre d'un Programme d'appui préparatoire exécuté par La Banque Agricole (LBA).

Bien que les investissements en faveur d'une économie plus respectueuse de l'environnement ne rivalisent pas encore avec les investissements traditionnels, leur progression est significative. L'accroissement de l'immobilier au Sénégal et la demande accrue de financements sont des raisons valables pour chercher d'autres formes de financements vers la protection de l'environnement et la construction écologique.

Le verdissement de l'économie nécessite une implication active des acteurs financiers, notamment les banques. Elles ont un rôle important à jouer dans la mobilisation des fonds verts et la promotion de projets durables.

Différents types de ressources financières sont disponibles pour soutenir le développement du secteur de la construction durable en Afrique de l'Ouest, faisant appel tant aux ressources publiques qu'aux ressources privées. Cependant, le financement des investissements utilisant des ressources privées se heurte à plusieurs difficultés structurelles.

Pour pallier ces défis, de nombreux instruments et outils de la finance verte sont disponibles, logés dans des organismes tels que les fonds multilatéraux, régionaux et bilatéraux, offrant des opportunités de financement pour les projets de construction durable.

Quel financement alternatif pour booster le secteur de la construction durable en Afrique de l'Ouest

Un financement alternatif prometteur pour stimuler le secteur ne s'aurait repose uniquement sur le développement de partenariats public-privé, favorisant certes l'investissement dans des projets d'infrastructures écologiques. Cela implique aussi d'encourager les investissements étrangers et la collaboration avec des institutions financières internationales pour accéder à des fonds dédiés au développement durable

En outre, le renforcement des capacités des acteurs locaux et la promotion de politiques incitatives, telles que les incitations fiscales pour les entreprises engagées dans des projets durables, sont essentiels pour dynamiser ce secteur crucial et favoriser une croissance économique durable en Afrique de l'Ouest

Par ailleurs, les métiers verts émergents représentent une source d'opportunités économiques importantes. Les banques doivent financer les projets qui font la promotion de ces métiers verts, en offrant des produits financiers adaptés aux besoins des entrepreneurs engagés dans des activités respectueuses de l'environnement.

En intégrant le coût global du changement climatique dans leur prise de décision, les banques peuvent mieux évaluer les risques et les opportunités des projets immobiliers verts. Pour promouvoir la construction durable, les banques peuvent utiliser diverses méthodes telles que l'émission d'obligations vertes, la création de fonds d'investissement verts, le développement de produits financiers verts, les partenariats avec des institutions spécialisées et l'intégration des critères ESG dans leurs processus de prise de décision.

En conclusion, le rôle des banques dans le verdissement des projets immobiliers ou pour booster le secteur de la construction durable est primordial pour promouvoir une croissance durable et résiliente en Afrique de l'Ouest. En mobilisant différents types de ressources et en proposant une variété de financements publics verts, les banques peuvent soutenir la transition vers une économie plus respectueuse de l'environnement. Les métiers verts sont essentiels pour créer des emplois dans des secteurs axés sur la durabilité et l'innovation. En adoptant une approche proactive et en collaborant avec d'autres acteurs du secteur financier et de la société civile, les banques peuvent jouer un rôle de premier plan dans la transformation du secteur de la construction vers un avenir plus durable et équitable.

Mamadou DIENG
Ingénieur en génie civil
Diplômé en Executive Master en Finance
Diplômé en MBA Gestion de projets
Certificat de formation sur EDGE de la SFI (sur la construction écologique)

Construction durable, évaluation des performances environnementales des bâtiments et changement climatique : défis et enjeux

L'Afrique est confrontée à des défis majeurs liés au changement climatique, à la croissance démographique et à la pression sur les ressources naturelles rendant notre continent particulièrement vulnérable. Il est essentiel de noter que le secteur du bâtiment est responsable d'une part significative des émissions mondiales de CO₂. En effet, il représente 37 % de ces émissions, résultant principalement de l'utilisation d'énergie et des processus opérationnels. [Cette contribution équivaut à près de 10 milliards de tonnes de CO₂¹](#). Il est donc crucial pour les spécialistes du secteur d'opérer un changement de paradigme pour relever les défis de la qualité environnementale des bâtiments.

L'analyse de cycle de vie (ACV) est un outil précieux pour évaluer l'empreinte environnementale des bâtiments. En examinant à la fois les impacts associés à la production des matériaux de construction et ceux liés à l'utilisation et à l'entretien des bâtiments, il est donc possible d'obtenir une vision holistique et précise de leur performance environnementale. Cette approche permet aussi d'identifier les leviers d'action les plus efficaces pour réduire l'empreinte écologique du secteur de la construction.

Le ciment - parmi les matériaux de construction les plus utilisés - est particulièrement problématique en raison de son impact environnemental élevé. Sa production génère d'importantes émissions de CO₂, contribuant ainsi de manière significative au changement climatique. Explorer des alternatives au ciment et promouvoir des pratiques de construction bas carbone devient un moyen pour progresser vers une construction plus durable. Pour se faire, Il serait pertinent d'éviter autant que possible l'extraction et la production de matières premières en favorisant une économie circulaire et utiliser des matériaux de construction à faible empreinte carbone.

L'évaluation des performances environnementales des bâtiments devient un outil essentiel pour guider les décisions de conception, de construction et de rénovation. Elle permet de quantifier l'empreinte écologique des bâtiments, d'identifier les domaines d'amélioration et de mettre en lumière les bonnes pratiques.

À titre d'exemple, l'utilisation des géo et bioressources se révèle prometteuse pour diminuer l'impact environnemental de la construction. En effet, les matériaux tels que le typha, la balle de riz, la paille, le bambou, des avantages significatifs en termes de bilan carbone et de performances technique (hygrothermiques, acoustiques et sanitaires). Leur intégration réfléchie dans les projets de construction peut contribuer à la diminution des émissions de CO₂ tout en favorisant la régénération des écosystèmes.



Forum sur les Matériaux Innovants et de la
Construction Durable en Afrique de l'Ouest

Construction durable, évaluation des performances environnementales des bâtiments et changement climatique : défis et enjeux

En outre, une conception bioclimatique intégrée est essentielle pour maximiser l'efficacité énergétique des bâtiments tout en minimisant leur impact environnemental. En tirant parti des caractéristiques naturelles du site, de l'orientation face au soleil, à l'exposition au vent et des systèmes de ventilation naturelle, il est possible de concevoir des bâtiments qui consomment moins d'énergie tout en offrant un environnement intérieur confortable.

Dans un contexte où la durabilité et la résilience deviennent des impératifs, le Forum MICD-AO se présente comme une opportunité unique de catalyser le changement vers une construction plus respectueuse de l'environnement et plus résistante au changement climatique. En unissant les forces et les expertises, nous pouvons transformer les défis en opportunités et ouvrir la voie à un avenir bâti sur des fondations durables pour les générations futures.

Toutefois, il convient de souligner que l'évaluation environnementale des bâtiments dans la région comporte un certain nombre de défis. Parmi ceux-ci figurent : (1) la collecte de données précises sur les matériaux et les procédés de construction associés ; (2) la sensibilisation des acteurs et du grand public à l'évaluation environnementale des bâtiments ; (3) la mise en place d'un cadre réglementaire favorable.

Ibrahim Niang

Ingénieur Matériaux, AARMBN

Comment les chercheurs du Sénégal tentent-ils de transformer une catastrophe écologique en opportunité économique ?

Long de 1790 km, le fleuve Sénégal prend sa source en Guinée et se déverse dans l'Océan Atlantique. C'est le 11 mars 1972 que le Mali, la Mauritanie et le Sénégal ont créé l'Organisation pour la Mise en Valeur du fleuve Sénégal (OMVS). Les objectifs étaient de préserver l'équilibre des écosystèmes du bassin du fleuve Sénégal, de contribuer au développement économique et social des États-membres, de sécuriser et d'améliorer les revenus des populations du bassin.

Pour atteindre les objectifs visés, des ouvrages comme les barrages de Diama et de Manantali ont été construits. Ces réalisations d'envergure devaient permettre de développer une agriculture irriguée, assurer un approvisionnement suffisant en électricité et rendre navigable le fleuve. Au-delà des objectifs cités, le barrage de Diama avait pour rôle essentiel d'empêcher la mer de pénétrer à l'intérieur des terres notamment en période de décrue.

Comme toujours, la modification du milieu naturel par l'homme entraîne à long terme des conséquences néfastes pour l'environnement. Le non remonté du sel dans la vallée du fleuve Sénégal a certes permis d'augmenter la superficie de terre cultivable, mais a eu pour conséquence de favoriser la croissance des roseaux Typha qui prolifèrent et envahissent les canaux d'irrigation.

Les impacts et effets négatifs de la prolifération du Typha ont été largement documentés. Pour rappel, nous pouvons citer la pollution de la ressource en eau, la réduction des activités de pêche, la déstabilisation de la biodiversité et la diminution de l'hydraulicité avec ses corollaires : difficulté d'abreuvement du bétail, baisse de rendement des parcelles agricoles cultivées.

Catastrophe écologique ? On peut le dire car les conséquences de la mise en route du barrage de Diama ont été et continues d'être désastreuses pour les populations du bassin. Dès lors, la maîtrise de la prolifération du Typha est devenue une super priorité pour l'OMVS. **Mais comment contrôler les invasions ?** Cette question a fait l'objet de réflexion pendant plusieurs années. Des solutions comme le traitement chimique ou l'utilisation de procédés biologiques, initialement mises sur la table, ont été vite balayées par l'OMVS. Pas question de remplacer une catastrophe écologique par une autre. In fine, l'option de faucardage a été retenue. Cette opération consiste à couper et exporter les roseaux. **Rapidement, la question du stockage des résidus de Typha s'est posée.**

Face à cette situation et partant de la célèbre loi de Lavoisier « Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme », les autorités et la communauté scientifique du Sénégal ont décidé de s'orienter vers la valorisation du Typha. Deux pistes de valorisation ont été identifiées : la valorisation énergétique et la valorisation dans la construction.

En 2013, le Gouvernement du Sénégal a décidé de lancer le Programme National de l'Efficacité Énergétique dans les Bâtiments (PNEEB/Typha) sous l'impulsion du PNUD et du GEF.

Bien avant ce programme, la problématique du typha a été prise en charge par nos laboratoires de recherche. Déjà en 2010, un modèle mathématique de la prolifération du Typha a été développé par le laboratoire LANI de l'Université Gaston Berger de Saint Louis. Le Laboratoire d'Énergétique Appliquée de l'École Supérieure Polytechnique de l'Université Cheikh Anta Diop a déterminé, en 2011, les propriétés thermo-physique du typha en vrac ainsi que les propriétés thermo-physique et mécaniques du béton de typha.



Forum sur les Matériaux Innovants et de la
Construction Durable en Afrique de l'Ouest

Comment les chercheurs du Sénégal tentent-ils de transformer une catastrophe écologique en opportunité économique ?

Mais c'est avec le programme PNEEB/typha que la recherche au tour de la problématique de la valorisation du Typha dans la construction a pris son envol. En mobilisant un financement conséquent, le programme a pu identifier et mobiliser les potentiels acteurs susceptibles de participer à la mise en place d'une chaîne de valeur Typha à l'instar de ce qui s'est fait en France avec le Chanvre. Le projet Typha Combustible Construction Afrique de l'Ouest (TyCCAO), financé par le Fonds Français pour l'Environnement Mondial (FFEM), l'ADEME, le Ministère français de la Transition Écologique (MTE), et les partenaires du projet, est venu, en 2015, renforcer la dynamique d'innovation et capaciter les acteurs de l'écosystème.

De la coupe au développement de matériaux, en passant par le séchage, le transport, le stockage, tous les segments de la chaîne de valeur ont été visités et éprouvés entre 2013 et 2023. L'analyse des publications scientifiques ces dix dernières années a montré que le secteur de la recherche scientifique du Sénégal a joué un rôle déterminant dans la conception, l'élaboration et la caractérisation de matériaux à base de Typha. Nos laboratoires ont contribué à identifier et à lever de nombreux verrous scientifiques et technologiques en lien avec les matériaux biosourcés.

Tout au long du processus de mise en place d'une filière Typha pour la construction, les chercheurs de l'ESP (UCAD), EPT, UIDT, UGB, UADB, CSFP-BTP ont développé des matériaux à base de typha. Plusieurs liants ont été testés dans les différents travaux. Le ciment, la chaux et l'argile ont été largement étudiés. La gomme arabique et l'amidon ont été incorporés dans les matériaux isolants. Les produits obtenus sont divers. Des hourdis, des briques, des panneaux d'isolation et des toitures en chaume de Typha sont aujourd'hui commercialisés au Sénégal.

Nos travaux de recherche ont permis d'avoir une meilleure connaissance des propriétés thermiques et mécaniques des matériaux à base de typha. **Cependant, l'absence de données suffisantes sur l'acoustique, la durabilité, le comportement au feu, le comportement hygrothermique est un handicap certain pour le développement commercial d'un produit de construction à base de Typha.**

Opportunités économiques ? Elles se pointent à l'horizon après dix années d'efforts acharnés. Des verrous scientifiques, dans les domaines cités plus haut, restent cependant à être levés. Des démonstrateurs, seuls outils pour convaincre les décideurs, les assureurs, les banques, les bailleurs sociaux et même les particuliers, sont à mettre rapidement en œuvre. C'est d'ailleurs tout le sens du projet Panneau OSB Typha financé par l'UNEP.

Le forum MICDAO est une belle opportunité pour magnifier le travail colossal qui a été effectué par la communauté scientifique du Sénégal cette dernière décennie et pour montrer aux pays partenaires notre modèle. Les résultats obtenus et qui sont à consolider, sont l'aboutissement de plusieurs années de travail d'une communauté multidisciplinaire regroupant les secteurs privé et public, la société civile et beaucoup d'anonymes.

Pr Mactar FAYE

Enseignant-chercheur

Responsable de l'équipe de recherche Efficacité et Systèmes Énergétiques

Université Alioune DIOP, Bambey

Construction durable et climat : spécificités et perspectives ouest-africaine

La construction durable et son impact sur le climat sont des sujets importants et d'actualité dans la région ouest-africaine, où les défis environnementaux et socio-économiques nécessitent une approche holistique. En matière de construction durable, les spécificités ouest-africaines résident principalement dans l'utilisation de ressources locales (matériaux de construction en réduisant leur énergie grise : fabrication et transport) et dans la conception bioclimatique adaptée au climat tropical de la région. Les matériaux de construction locaux, tels que la terre crue ou compressée, le bois et la pierre, sont souvent privilégiés pour leur disponibilité et leur faible empreinte carbone. De plus, les techniques de construction traditionnelles sont réhabilitées et intégrées aux pratiques modernes pour garantir une durabilité accrue des bâtiments avec la complicité des architectes.

Les stratégies mises en place pour limiter l'impact du bâti comprennent l'adoption de normes de construction respectueuses de l'environnement, telles que l'efficacité énergétique et la gestion des déchets de construction. La conception bioclimatique, qui vise à optimiser le confort thermique et la ventilation naturelle des bâtiments, est également largement utilisée. La vulgarisation de l'utilisation des énergies renouvelables avec des textes qui l'encadre. De plus, la sensibilisation et la formation des professionnels du secteur de la construction sont essentielles pour promouvoir les meilleures pratiques et encourager l'adoption de technologies durables.

La construction durable joue un rôle crucial dans la réduction des GES en minimisant la consommation d'énergie des bâtiments et en favorisant l'utilisation de sources d'énergie renouvelable. Selon le Protocole de Kyoto, six gaz sont associés à la portion anthropique des gaz à effet de serre (GES), mais trois sont responsables de 98% des effets : le CO₂ ou gaz carbonique (79%), le CH₄ ou méthane (14%) et le N₂O ou protoxyde d'azote (5%).

« Le Sénégal s'est engagé à réduire ses émissions de gaz à effet de serre liées à l'énergie de 6% par rapport aux tendances actuelles, ou de 31% d'ici 2030 avec le soutien de ses Contributions déterminées au niveau national (CDN) pour l'Accord de Paris. Parmi les mesures proposées, l'utilisation de matériaux et de techniques de construction durables, ainsi que des audits énergétiques pour les grandes entreprises. La promotion des matériaux de construction durables, comme des audits énergétiques pour les grandes entreprises, est déterminante pour la réalisation des objectifs climatiques du Sénégal. »¹ Et pour ce faire, nous devons miser sur les bâtiments à faible consommation d'énergie et à émissions réduites qui contribuent à atténuer les effets du changement climatique en limitant les émissions de CO₂ et d'autres gaz à effet de serre.

¹<https://www.peeb.build/fr/countries/senegal>



Forum sur les Matériaux Innovants et de la
Construction Durable en Afrique de l'Ouest

Construction durable et climat : spécificités et perspectives ouest-africaine

Les institutions financières, telles que la Banque de l'Habitat du Sénégal, jouent un rôle crucial dans la promotion de la construction durable en offrant des incitations financières et des prêts à taux préférentiels pour les projets respectueux de l'environnement. Les banques peuvent capter les fonds verts à des taux préférentiels et ainsi collaborer avec les promoteurs immobiliers. Ces politiques encouragent les promoteurs immobiliers et les particuliers à investir dans des solutions durables et à adopter des technologies vertes. La BHS a commencé à exiger des EIES et des PGES dans les projets qu'elle finance et est ouverte pour financer des projets verts. De plus, les banques peuvent proposer des programmes de formation et de sensibilisation pour renforcer les compétences des acteurs du secteur de la construction en matière de durabilité et surtout les avantages des bâtiments écologiques durant leur exploitation.

Conclusion :

La construction durable offre des perspectives prometteuses pour atténuer les impacts du changement climatique en Afrique de l'Ouest. En combinant des stratégies innovantes, des politiques incitatives et des pratiques respectueuses de l'environnement, la région peut progresser vers un avenir plus durable et résilient. En outre, des partenariats public-privé et des réglementations gouvernementales sont nécessaires pour promouvoir et soutenir efficacement la construction durable dans la région ouest-africaine, tout en tenant compte des spécificités locales et des défis socio-économiques. Cependant, des efforts concertés sont nécessaires de la part des gouvernements, des institutions financières, des professionnels du secteur de la construction et de la société civile pour réaliser pleinement le potentiel de la construction durable dans la région.

Mamadou DIENG

Ingénieur en génie civil (EPT)

Diplômé en finance (BEM Dakar)

Diplômé en Gestion de projets (CESAG)

Développement d'un entrepôt bioclimatique pour la conservation des légumes en zone sahélo-sahélienne

Ababacar Thiam^{1,2}, Ndeye Ndoumbe Ndiaye¹, Elhadji Ibrahima Cissé¹, Mactar Faye²

¹ Groupe de recherche Efficacité et Systèmes Energétique, Université Alioune Diop, BP:30, Diourbel, Sénégal

² Laboratoire Eau, Energie, Environnement et Procédés Industriels, Ecole Supérieure Polytechnique, BP:5085, Dakar-Fann, Sénégal

Email: ababacar.thiam@uadb.edu.sn

Contexte et problématique

Les pertes post-récolte des fruits et légumes sont très élevées environ 30 à 70 % de la production totale. La plupart des infrastructures de stockage ne sont pas fonctionnels en raison de la température élevée qui règne dans ces enceintes.

Les matériaux utilisés dans la conception de ses entrepôts, en béton ou en métal en béton ne sont pas adaptés aux conditions climatiques du Sahel.



Fig.1. Pertes post récolte



Fig.2. Entrepôt en béton dans les Niayes

Méthodologie

Phase 1: Besoins de stockage

Phase 2 : Exigences et contraintes

Phase 3: Modèle conceptuel d'entrepôt bioclimatique

Phase 4: Conception détaillée de l'entrepôt bioclimatique

Objectifs

Concevoir un entrepôt bioclimatique à faible coût dans les zones de production de légumes :

- Identifier les périodes et zones de culture des légumes
- Elaborer une méthodologie de conception d'entrepôt bioclimatique
- Faire la modélisation de l'entrepôt bioclimatique
- Réaliser un modèle d'entrepôt bioclimatique

Résultats

• Périodes et zones de culture des légumes au Sénégal

Principales zones de culture: Niayes et vallée du fleuve Sénégal

Spéculation s/ Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Oignons												
Pommes de terre												
Patates douces												
Choux												

• Entrepôt bioclimatique

Entrepôt : capacité de 400 T ; forme mansarde ; mur à double paroi avec des briques de terre ; toiture couverte de panneaux de Typha



Fig.3. Vue de l'entrepôt



Conclusion

La conception bioclimatique permet de limiter les apports solaires et le transfert de chaleur vers l'intérieur de l'entrepôt. La température intérieure dans l'entrepôt reste toujours inférieure à 25°C pendant la journée

CARACTÉRISATION THERMOMECHANIQUE DES BRIQUES EN TERRE ELABORÉES À PARTIR DE TERRES EXCAVÉES DE DIAMNIADIO AU SENEGAL



Forum sur les Matériaux Innovants et de la
Construction Durable en Afrique de l'Ouest

Mouhamadou B. Sène¹, Seckou Bodian^{1*}, Ndèye A. Sène¹, Alpha
O. Touré¹, Ibrahim Niang¹, Aida Gaye¹, Gnillane Thiam¹, Elhadji
Dieng¹, Ibrahim Diaw¹, Mactar Faye¹, Vincent Sambou¹

¹ Laboratoire Eau-Energie-Environnement - Procédés Industriels
(LE3PI), BP 5085, Dakar (Université Cheikh Anta Diop, Dakar-Sénégal)

Email: seckou.bodian@ucad.edu.sn



L'habitat est le centre de nos préoccupations sociétales, il est vecteur de santé, mais également à l'origine d'importantes émissions de gaz à effets de serre. La fabrication des matériaux industriels et le chauffage ou refroidissement des locaux sont des contributeurs majeurs aux émissions (40%). Il est urgent de bâtir les bonnes voies pour un habitat durable et sain pour l'avenir. Les émissions doivent être considérablement réduites, et pour cela un changement majeur est nécessaire.

INTRODUCTION

Le béton, matériau le plus utilisé actuellement au Sénégal, est inadapté aux conditions climatiques des pays sahéliens. Ceci est dû à ses propriétés thermiques médiocres qui n'offrent aucune garantie de confort thermique des ambiances intérieures des bâtiments. En plus, la production de ciment consomme beaucoup d'énergie et elle est une source d'émission de gaz à effet de serre. Face aux préoccupations environnementales et énergétiques, le choix des matériaux adéquats est crucial dans l'optique de limiter l'impact environnemental et d'assurer un milieu intérieur sain et confortable.

OBJECTIFS

L'objectif de ce travail est d'étudier les performances thermomécaniques des briques en terre crue fabriquées à base d'un mélange de terres excavées de Diamniadio et de ciment. Une série d'expériences a été réalisée afin de mesurer l'impact de l'ajout du ciment sur les propriétés mécaniques et thermiques de ces matériaux en terre.

MÉTHODOLOGIE

La figure 1 présente une presse mécanique et la figure 2 présente le dispositif expérimental du plan chaud asymétrique.



Fig. 1. Presse mécanique

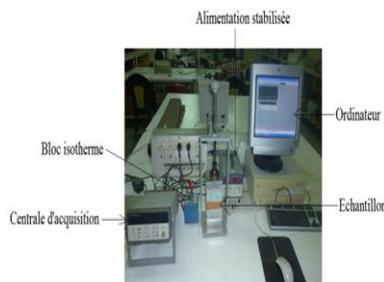


Fig. 2. Dispositif expérimental du plan chaud asymétrique

RÉSULTATS

Résultats mécaniques

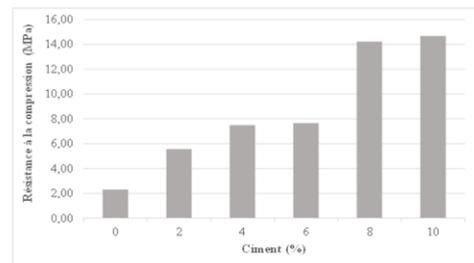


Fig. 3. Variation de la résistance à la compression des briques en terre crue en fonction de l'ajout du ciment.

Résultats thermiques

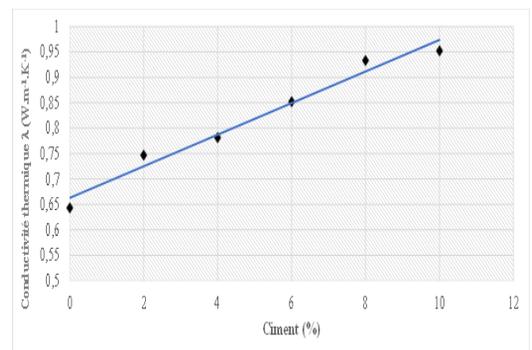


Fig. 4. Variation de la conductivité thermique des briques en terre crue en fonction de l'ajout du ciment

CONCLUSION

Les résultats obtenus montrent que les briques en terre fabriquées à base d'un mélange de terres excavées de Diamniadio et de ciment peuvent être utilisées dans la construction de bâtiments. Cependant, il convient de souligner que l'ajout du ciment améliore la résistance à la compression du matériau tandis qu'il augmente la conductivité thermique du matériau. La formulation recommandée est celle avec 8 % de ciment car elle donne une bonne résistance à la compression et une conductivité thermique acceptable.

ÉLABORATION D'UN MATÉRIAU INNOVANT À BASE DE CENDRE ET DU PLÂTRE

KAILOU DJIBO Abdou¹ et SALEY Mahamadou²

¹ Département Architecture et patrimoine, École Africaine des
Métiers de l'Architecture et de l'Urbanisme (EAMAU), Lomé,
Togo.

² Département Génie-Civil, Ecole des Mines, de l'Industrie et de
la Géologie (EMIG), Niamey, Niger.

Email: kailou20012001@yahoo.fr



INTRODUCTION

Au Niger, la biomasse fournit 94% de l'énergie consommée (Niandou, 2019). En ce sens, la cendre issue de la combustion du bois des ménages occupe une proportion importante. En outre, plus de 200 000 tonnes de charbon sont brûlées chaque année dans l'usine de production d'électricité de la Société Nigérienne du Charbon d'Anou Araren (SONICCHAR). Ces déchets sont à la fois un risque et une ressource. S'ils ne sont pas éliminés sans précaution, ils risquent de dégrader les paysages, de polluer l'environnement et d'exposer l'homme à des nuisances et des dangers (Desachy, 2001). En revanche, ces déchets peuvent être recyclés et réutilisés pour assurer une économie circulaire. C'est dans cette option que nous nous inscrivons en proposant cette contribution qui consiste à récupérer la cendre issue des ménages nigériens et de la transformation du charbon de la SONICCHAR, la mélanger avec le plâtre, pour produire un matériau innovant utilisable dans le bâtiment.



RÉSULTATS

Les résultats montrent que le matériau obtenu, en plus d'être léger avec une masse volumique de 930 kg/m³, est assez résistant (5 MPa) pour être utilisé dans la construction des faux plafonds, des cloisons légères. Ce matériau innovant présente plusieurs avantages:

1. Il est écologique et économique parce qu'il permet de valoriser les déchets ménagers et industriels;
2. Il est esthétique du fait de sa malléabilité et de sa texture homogène;
3. Sa mise en œuvre est simple, rapide avec un temps de prise de 3 minutes;
4. Il a aussi une conductivité thermique faible, comparé aux matériaux habituels comme le parpaing, l'acier et le ciment;
5. Il a une bonne isolation acoustique dans le bâtiment;
6. Il est inclusif et économique avec la réduction du coût très élevé des bâtiments;
7. Il permet de réaliser un bâtiment démontable facilement et rapidement;
8. Une utilisation semi-industrielle du procédé de fabrication permettra en plus des avantages ci-haut cités, de créer des emplois à haute intensité de main d'œuvre.

OBJECTIFS

Objectif général :

Produire un matériau innovant et durable de construction en associant la cendre issue des déchets et le plâtre.

Objectifs spécifiques :

- Mélanger la cendre et le plâtre pour obtenir une pâte homogène;
- Produire des plaques résistantes et étanches.

MÉTHODOLOGIE

La méthodologie d'élaboration du matériau innovant consiste à mélanger de manière pondérale 15 % de cendre, 40 % de plâtre et 45 % d'eau.



Malaxage du mélange



Eprouvettes prismatiques



Plaque décoffrée



Plaque finie bien
colorée



Mise en œuvre

CONCLUSION

la valorisation des déchets ménagers et industriels au Niger peut être aujourd'hui considérée comme une solution durable afin de concilier les mécanismes de production, de consommation et de protection de l'environnement. Le matériau innovant formulé localement avec la cendre et le plâtre présente une bonne résistance pour une applications réelles. Ce matériau va contribuer à accroître la liste des matériaux locaux afin d'atteindre les objectifs 11 et 12 des ODD, dédiés respectivement aux villes et communautés durables et la consommation et production responsables.

Etude expérimentale et simulation du comportement thermique d'un matériau de construction issue de déchets de bois Iroko et de Polyéthylène Haute Densité récupérés

Doumbia Ahmed¹, Traoré Seydou²

¹ Université Jean Lorougnon Guédé, Daloa, Côte d'Ivoire
² Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

Email: fackoly1@gmail.com

CONTEXTE DU PROJET

- En Afrique subsaharienne, la consommation d'énergie dans le bâtiment est de l'ordre de 50 à 70% de la consommation totale
- Pour améliorer le confort thermique dans un pays chaud comme la Côte d'Ivoire, le recours à la climatisation s'avère nécessaire.
- Cependant, des économies peuvent être réalisées si le choix des matériaux de construction prennent en compte le confort thermique des bâtiments.

METHODOLOGIE

1- Présentation des matériaux

Les briques composites élaborées au cours de nos travaux antérieurs.



Figure 1 : Photographies des échantillons de briques

Tableau 1 : Nomenclature des différents des briques

%PEHD	10	20	30	40	50	60
Nomenclature	CBP10	CBP20	CBP30	CBP40	CBP50	CBP60

CBP : Composite Bois/Polymère

2- Propriétés thermophysique

- Grandeurs mesurées : conductivité thermique, chaleur spécifique et diffusivité thermique.
- Les moyens : la sonde KD2-Pro et La norme ASTM D5334-08.

3- Temps de diffusion de la chaleur dans les briques

La diffusivité thermique : $\alpha = \frac{\lambda}{\rho C_p}$
 où α (m².s⁻¹), λ (W.m⁻¹.K⁻¹), C_p (KJ.kg⁻¹.K⁻¹) et ρ (kg.m⁻³)

4- Simulation sous Cast3M

L'effet de *Pehd*, de l'épaisseur de l'échantillon et de la température de l'air sur le niveau de température sont simulés. Les briques sont placées dans l'air de température T_1 . L'élément de type *QUA4* est utilisé. Elles ont une température homogène initiale par défaut égale à $T_0=25^\circ\text{C}$ pour une humidité relative de 72%. De l'instant $t=0$ seconde à $t=5.10^4$ secondes, elles sont soumises à un apport de chaleur T_1 supérieure à T_0 sur la face S_1 . Il en résulte un transfert de chaleur par conduction dans le matériau de la paroi S_1 en contact avec l'air surchauffé à la face S_1 (Figure 3). On assiste alors à une évolution de la température de S_1 . L'étude est plane. H et e sont maillées avec 30 et 10 *QUA4*. (Figures 2 et 4)

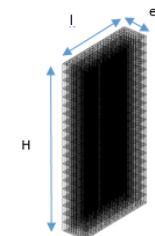


Figure 2 : Vue 3D maillée de la brique

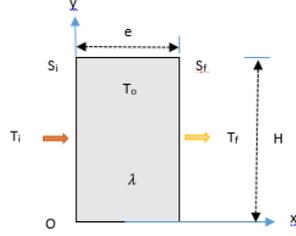


Figure 3 : Modèle physique

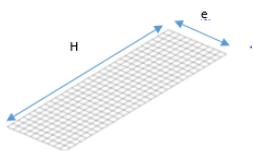


Figure 4 : Vue 2D maillée de la brique

RESULTATS

1- Propriétés thermophysiques

Si %*Pehd* ou ρ augmente : augmentation de λ et α ; diminution de C_p

Tableau 2 : Valeurs expérimentales et théoriques des propriétés thermophysiques

Samples	ρ (kg/m ³)	λ (W.m ⁻¹ .K ⁻¹)			C_p (kJ.kg ⁻¹ .K ⁻¹)			α (10 ⁻⁷ m ² .s ⁻¹)		
		Exp. Val.	Theo. Val.	Error	Exp. Val.	Theo. Val.	Error	Exp. Val.	Theo. Val.	Error
CBP10	681.23	0.310	0.302	0.026	2.691	2.660	0.011	1.663	1.640	0.012
CBP20	709.11	0.319	0.314	0.013	2.647	2.620	0.009	1.710	1.690	0.011
CBP30	723.91	0.319	0.317	0.018	2.611	2.580	0.011	1.780	1.750	0.016
CBP40	741.20	0.342	0.339	0.009	2.573	2.540	0.012	1.850	1.800	0.027
CBP50	768.92	0.368	0.362	0.022	2.524	2.500	0.009	1.950	1.895	0.058
CBP60	816.68	0.385	0.384	0.002	2.491	2.460	0.022	1.985	1.871	0.058

2- Profondeur de diffusion de la chaleur

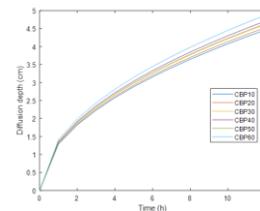


Figure 5 : Profondeur de diffusion de la chaleur au cours du temps

Augmentation de profondeur avec les temps.

Pour une période de 12 heures, la diffusion passe d'une profondeur de 0 à 4.8 cm maximale pour l'ensemble des échantillons.

La diffusion, à chaque instant, est plus grande et plus petite pour les briques de type CBP60 et CBP10 respectivement.

3- Simulation de la propagation de la chaleur

3-1- Influence de la teneur en Pehd

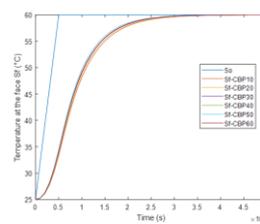


Figure 6 : Variation de la température dans les briques au cours du temps

Températures à S_1 augmentent avec les temps pour être constante vers T_1 imposée à S_1 .

Après 9H40min, les briques atteignent la même valeur de température.

L'augmentation des températures entraîne la diminution de la capacité calorifique du matériau.

A S_1 , la température en régime stationnaire est d'autant plus élevée que la conductivité thermique est importante.

3-2- Influences de l'épaisseur des briques et de la température ambiante

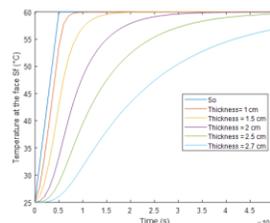


Figure 7 : Variation de la température dans CBP10 à différentes épaisseurs au cours du temps

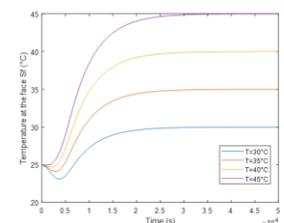


Figure 8 : Variation de la température dans CBP10 à dans l'air au cours du temps

La température de saturation est vite atteinte pour les faibles épaisseurs. La chaleur à S_1 tend à augmenter rapidement pour des températures plus élevées.

CONCLUSION

L'étude indique une **bonne performance thermique** des briques qui favorise à **minimiser les apports thermiques dans les habitats**. On remarque de faibles conductivités thermiques ($< 0.366 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$) et profondeurs de diffusion. De plus, la simulation, sous le code Cast3M montre que les briques d'épaisseur 3 cm, avec une température imposée de 60°C , n'atteignent pas un état stationnaire avant 14 heures. **Les performances thermiques des briques élaborées montrent qu'elles pourraient être utilisées pour les cloisons dans les conditions thermiques usuelles en Côte D'Ivoire.**

Valorisation de cendre de balle de riz (CBR) de Côte d'Ivoire pour la réduction de l'utilisation du ciment dans la fabrication de Blocs de Terre Comprimée (BTC).

GARBA LA BO Mahaman Nazirou¹, YAO Kouassi Benjamin²

^{1,2} Institut Nationale Polytechniques Félix Houphouët Boigny (INP-HB/Yamoussoukro/
Côte d'Ivoire) BP 1093 / Laboratoire des Procédés Industriels, de Synthèse de
l'Environnement et des Énergies Nouvelles (LAPISEN)

Email: labo.garba21@inphb.ci

GARBA LABO Mahaman Nazirou est un doctorant en Sciences Agronomiques et Procédés de Transformation (SAPT) au Centre d'Excellence d'Afrique pour la Valorisation de déchets en Produits à haute valeur ajoutée (CEA-VALOPRO) de l'Institut Nationale Polytechnique Félix Houphouët Boigny à l'Université (INP-HB). Ses recherches portent sur la valorisation des déchets en produits à haute valeur ajoutée, en s'appuyant sur une expertise en chimie, électrochimie, énergie et construction durable. Il s'intéresse également au droit et à la protection de l'environnement, et intègre ces aspects dans ses travaux d'étude d'impact environnemental.

Introduction

La production du ciment ne cesse de croître. Cela entraîne jusqu'à environ 23 % des émissions totales de CO₂ dans l'industrie de la construction [1]. Afin de diminuer ces émissions, l'accent est mis sur l'utilisation des sous-produits agricoles et industriels en tant que matériaux pour le remplacement partiel du ciment [2]

En Côte d'Ivoire, certaines biomasses agricoles sont pratiquement non valorisées. C'est le cas des résidus de cultures du riz (pailles, balles). Ils sont généralement incinérés grâce à leur faible quantité en nutriment. Cela suscite beaucoup d'inquiétude sur le plan environnemental [3].

Afin de résoudre efficacement ce problème, ces résidus ont été utilisés comme additifs pour les engrais, litière pour l'élevage, combustible et bien d'autre. Avec toutes ces utilisations, plus de 160 millions de tonnes de balle de riz sont produites chaque année dans le monde, d'où la nécessité de trouver d'autres alternatives pour sa valorisation.

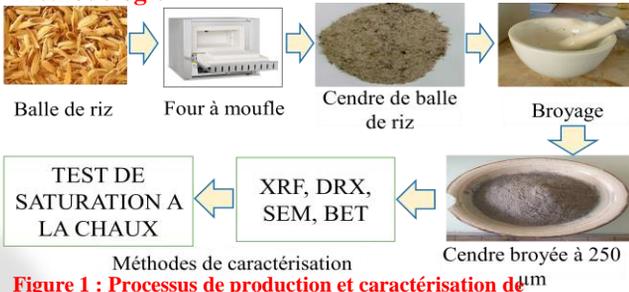
Objectif principal

Valoriser la cendre de balle de riz de Côte d'Ivoire en vue de réduire l'utilisation du ciment dans la stabilisation des BTC

Objectifs spécifiques :

- Produire la cendre ;
- Déterminer les caractéristiques de la cendre ;
- Remplacer une partie du ciment dans la stabilisation des BTC

Méthodologie



Méthodes de caractérisation
Figure 1 : Processus de production et caractérisation de la cendre

Tableau 1 : formulation des éprouvettes

Code	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
Argile %	100	84	84	84	84	84	84
Ciment%	0	16	80	60	40	20	0
Cendre %	0	0	20	40	60	80	100

Résultats

L'analyse de la composition chimique a montré que la cendre siliceuse (94,05 % de SiO₂ avec des éléments mineurs comme le fer, le potassium et bien d'autres

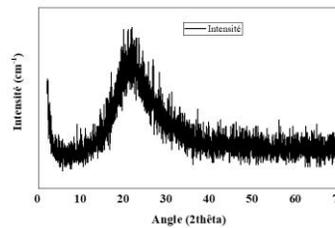


Figure 2 : DRX

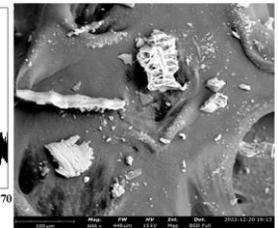


Figure 3 : SEM

Tableau 2 : Analyse texturale et test de saturation à la chaux

Surface spécifique (m ² g ⁻¹)	Volume des pores (cm ³ g ⁻¹)	Diamètre des pores (nm)		
459,60	0,33	2,14		
Test de saturation à la chaux				
Jours	Premier jour	Troisième jour	Septième jour	
Quantité de CaO fixée (%)	57,82	88,90	98,89	

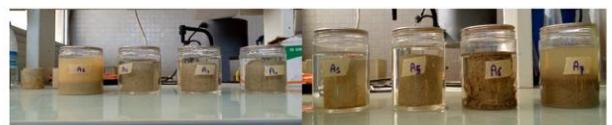


Figure 4 : photographie de test d'absorption d'eau après 24h

Tableau 3 : Résultats de test d'absorption d'eau

Code	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
Absorption d'eau %	D	13,88	16,04	17,53	23,10	PD	D

Conclusion

Il ressort des résultats obtenus que la cendre obtenue est riche en silice amorphe et fortement réactive. L'analyse texturale a montré que la cendre a une surface spécifique élevée et elle est mésoporeuse. Le test d'absorption d'eau a montré qu'avec un remplacement de 60 % du ciment, les éprouvettes restent pratiquement intactes pendant 24 h dans l'eau. Elle peut être utilisée en tant que pouzzolane naturelle pour le remplacement partiel du ciment dans les matériaux de construction. L'utilisation de cendre de balle de riz dans les matériaux cimentaire a un grand potentiel pour la séquestration de CO₂, la réduction de l'utilisation du ciment et des matériaux vierges (l'argile, sable et calcaire)



Forum sur les Matériaux Innovants et de la Construction Durable en Afrique de l'Ouest

VALORISATION DES PNEUS USAGÉS PAR L'ÉLABORATION DE MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

DJASSOU Adjoavi Colette¹, ABRO Koutouan Désiré Martial¹, YAO Kouassi Benjamin¹



¹ Institut National Polytechnique Félix Houphouët Boigny, 1093 Yamoussoukro, Côte d'Ivoire

Email: adjoavi.djassou19@inphb.ci

Doctorante au centre de valorisation de déchets en produits à haute valeur ajoutée (CEA-VALOPRO) de l'INP-HB. Spécialité: Valorisation de déchets solides



Contexte

- La production mondiale de déchets estimée à plus de 2 milliards de tonnes (ONU, 2024);
- Sans action immédiate, ce chiffre va augmenter de 70% d'ici 2050.
- Le monde produit chaque année environ 1,75 milliards de pneus usagés qu'il faut recycler (Global Industry Analysts, 2023)

Problématique des pneus usagés en Côte d'Ivoire



Objectif

Objectif général: Valoriser les pneus usagés en les utilisant comme granulat en substitution volumique du sable dans la fabrication de matériaux de construction tel que le béton.

Objectif spécifique: Déterminer les propriétés mécaniques, acoustiques et thermiques des bétons caoutchoutés.

Méthode

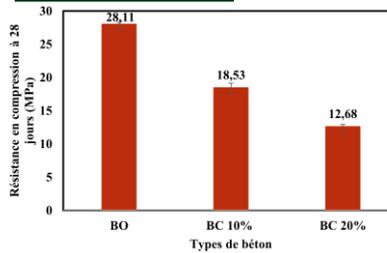
Elaboration de trois types de matériaux.

Matériau 1: sable 0/4mm + gravier 4/10mm + ciment CPJ 42,5N + eau;
Résistance visée: 25MPa
Matériau 2: matériau 1 + 10% granulat de caoutchouc de pneu usagé de taille 0/4mm (GC);
Matériau 3: matériau 1 + 20% GC.

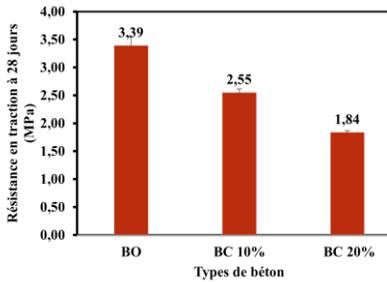
Caractérisation des bétons caoutchoutés à 28 jours

- Résistance en compression (NF EN 12390 – 3)
- Résistance en traction par fendage (NF EN 12390 – 6)
- Propagation d'impulsion ultrasonique dans le béton (EN NF 12504 – 4)
- Résistance au feu (ISO 834)

Résultats



- Baisse de la résistance en compression de 34,08 % et 54,84 % par rapport au béton ordinaire BO due à la nature hydrophobe et à la surface lisse du caoutchouc (Aslani, 2015).



- Baisse de la résistance en traction de 24,78% et de 45,72% par rapport au béton ordinaire BO due à la faiblesse de la zone de transition interfaciale GC/pâte de ciment (Garros, 2006).

Béton	Distance parcourue par l'impulsion (cm)	Vitesse de l'impulsion ultrasonique (m/s)
BO	10	4604,09
BC 10%	10	4458,83
BC20%	10	4057,07

- La variation de la vitesse de l'impulsion ultrasonique dans le béton est influencée par la teneur en air du béton qui augmente avec l'augmentation du taux de caoutchouc (Mohammed et al., 2011).

Après traitement thermique à 1000°C



Conclusion

- Utilisation possible des granulats de pneus usagés dans les matériaux de construction
- Baisse des résistances en compression et en traction des bétons caoutchoutés par rapport au béton ordinaire
- Meilleure absorption acoustique et meilleure résistance en feu des bétons caoutchoutés par rapport au béton ordinaire.

Perspectives





Forum sur les Matériaux Innovants et de la
Construction Durable en Afrique de l'Ouest

DÉVELOPPEMENT D'UNE FILIÈRE ÉCOCONSTRUCTION EN VÔUTE NUBIENNE EN AFRIQUE DE L'OUEST



contact@lavoutenubienne.org

En 2040, près de 200 millions de Sahéliens n'auront toujours pas de solution durable et adaptée pour se loger décentement. La grande majorité des populations sahéliennes vivent sous des toitures de tôle sous les températures les plus chaudes du monde.

Objectif

Depuis 2000, la mission de l'Association la Voûte Nubienne est de **permettre l'accès à un habitat décent, abordable et adapté aux effets du changement climatique, pour le plus grand nombre et le plus vite possible au Sahel.**

La technique Voûte Nubienne

Cette solution architecturale bas-carbone, vieille de 3000 ans, est particulièrement appropriée au contexte sahélien. Elle permet de construire des bâtiments entièrement en terre en remplaçant les toits de tôles par des toitures voûtées montées en briques de terre crue. Ce procédé constructif n'utilise ni le bois devenu rare, ni la tôle ou le ciment de plus en plus chers, inadaptés et à forte empreinte carbone. Les constructions Voûte Nubienne offrent un gain moyen en confort thermique de plus ou moins 7 degrés, et sont résistantes aux pluies et aux vents violents aggravés par les changements climatiques.

Une approche systémique en réponse aux multiples enjeux sahéliens

Amélioration des conditions de vie · Formation professionnelle des jeunes · Emplois et revenus locaux · Renforcement des économies locales · Zéro arbre coupé · Architecture bas-carbone · Adaptation aux changements climatiques · Filière verte

La diffusion à grande échelle

Sans stratégie de diffusion à grande échelle, une bonne idée ne change pas le monde ! Le marché nous a toujours semblé être à la fois le meilleur arbitre pour juger de la pertinence et viabilité de notre solution, mais aussi le meilleur levier pour la diffuser à grande échelle. Pour ce faire, AVN :

- crée l'offre en formant des maçons;
- soutient la demande en proposant des mécanismes de financement aux familles rurales souhaitant construire et en accompagnant les maîtres d'ouvrage des bâtiments communautaires;
- tout en mobilisant diverses parties prenantes pour développer un environnement favorable à l'émergence de la filière.

Résultats

Avec plus de 7000 chantiers réalisés au Burkina Faso, Mali, Bénin, Ghana, Sénégal et Mauritanie, pour plus de 70 000 bénéficiaires, dont aujourd'hui 1000 chantiers ouverts chaque année, cette solution a été amplement validée.



Préservation du patrimoine bâti et développement urbain durable: enjeux, défis et perspectives à partir de la ville de Lomé

Auteur 1 ETSE Kwami,

Auteur 2¹, TSIGBE Koffi Nutefé

¹ Affiliation Auteur 1: CERVIDA DOUNEDON

² Affiliation Auteur 2: UNIVERSITE DE LOME

Email: kwami.ets@cervida-togo.org



Forum sur les Matériaux Innovants et de la Construction Durable en Afrique de l'Ouest



INTRODUCTION

A première vue, la conciliation de la préservation du patrimoine bâti avec la construction des villes durables n'est pas évidente. Pourtant, cet héritage demeure incontournable pour trouver des solutions novatrices dans le contexte actuel d'urbanisation rapide non durable ni respectueuse de l'environnement. Dans cette perspective, la recontextualisation du patrimoine bâti peut constituer une ressource pour réinventer des villes plus durables et plus résilientes car au-delà de l'habitat en tant que lieu de vie, il repose sur un rapport identitaire fort entre les habitants et le territoire. Dès lors, comment le patrimoine bâti peut-il contribuer à rendre la ville de Lomé plus durable et plus résiliente au regard des enjeux environnementaux? Quel est l'état de conservation de cet héritage et quelles leçons architecturales et bioclimatiques peut-on en tirer?

OBJECTIFS

Montrer comment le patrimoine bâti peut aider à réinventer des villes plus durables et plus résilientes au regard des enjeux environnementaux au Togo:

- présenter et analyser la richesse et l'état de conservation du patrimoine bâti à Lomé
- évaluer les valeurs patrimoniales et bioclimatiques du patrimoine bâti à Lomé afin de formuler des propositions novatrices pour un développement urbain durable au Togo

MÉTHODOLOGIE

Une approche pluridisciplinaire entre anthropologie, étude patrimoniale et urbaine; méthodologie basée sur la revue documentaire, les entretiens avec les personnes ressources, les prises de photos etc: identification des styles architecturaux patrimoniaux, analyse de leurs valeurs architecturales, environnementales et état de conservation puis formulation des propositions

RÉSULTATS

Il existe encore à Lomé des bâtis patrimoniaux qui subsistent toujours aux aléas du temps. Cependant une quantité importante de ces bâtis demeure exposée aux menaces humaines et naturelles. Pour avoir franchi des siècles parfois sans un véritable entretien, leur durabilité doit être appréciée à cause de leurs modes de constructions adaptés aux conditions climatiques locales car ils révèlent des qualités bioclimatiques importantes : matériaux locaux et naturels, forte inertie, ventilation naturelle etc. Pourtant, à cause de la forte pression immobilière, certains investisseurs se lancent de plus en plus dans l'acquisition de ces immeubles soit pour réhabiliter ou pour raser et y construire des immeubles en architecture plus contemporaines mais moins respectueuse de l'environnement. Une évaluation de l'état de conservation de ces bâtis permet de distinguer quatre types de bâtis patrimoniaux : les bâtiments disparus; les bâtiments en état de dégradation avancée, les bâtiments rénovés et les bâtiments en bon état de conservation. Cependant, ce riche patrimoine diversifié pourrait constituer une ressource pour le développement local et durable de la ville de Lomé à condition qu'une stratégie efficace soit mise en place. Le renforcement du système de protection de cet héritage, sa recontextualisation en fonction des réalités locales, l'adoption d'une démarche interdisciplinaire, la participation des habitants et la prise en compte de l'intérêt de la population constituent des pistes pour rendre la ville de Lomé plus durable et plus résiliente au regard des enjeux environnementaux actuels.

CONCLUSION

Bref, la préservation du patrimoine bâti et le développement urbain durable ont un même objectif qui est la préservation de nos ressources pour les générations futures. Bien que le concept de la ville durable fasse penser rapidement aux nouveaux quartiers qui cherchent, à lutter contre l'étalement urbain et à garantir une faible consommation énergétique, le patrimoine bâti dispose non seulement de ses caractéristiques mais aussi à des avantages bioclimatiques et des valeurs symboliques et culturelles puisqu'il constitue l'identité et l'histoire de la ville.

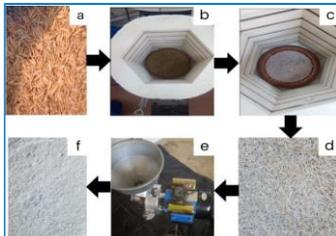
L'homme depuis son existence a toujours créé et/ou utilisé des matériaux de construction. Aujourd'hui il faut non seulement produire des matériaux, mais il faut aussi rester dans le concept du développement durable. Les résidus agricoles, posant souvent des problèmes de gestion, se prêtent bien à ce concept.

Objectif général

Produire un mortier amélioré à la cendre de balle de riz et renforcé par de la bagasse de canne à sucre.

Objectifs spécifiques

Déterminer le taux optimal de la cendre de balle de riz; déterminer le meilleur traitement pour la bagasse de canne à sucre; Proposer une formulation optimale du mortier de cendre de balle de riz à renfort de bagasse de canne à sucre.



a) Balle de riz, b) balle de riz dans le four, c) cendre de balle de riz dans le four après calcination, d) cendre de balle de riz retirée du four, e) broyeur, f) cendre de balle de riz broyée.



Presse Mécanique



Eprouvette 5×5×5cm³

Des éprouvettes 5*5*5cm³ sont utilisées pour la compression et 4*4*16cm³ pour la flexion

Fraction volumique de bagasse sur mortier				Fraction massique des cendres des balles de riz sur ciment					
0	3,0	6,0	10,0	0	2,5	5,0	7,5	10,0	12,5



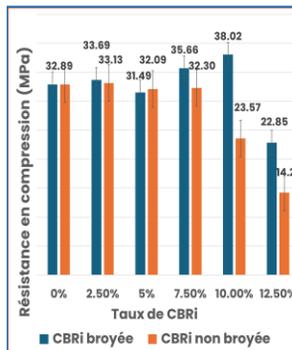
Bagasse de canne à sucre non traitée



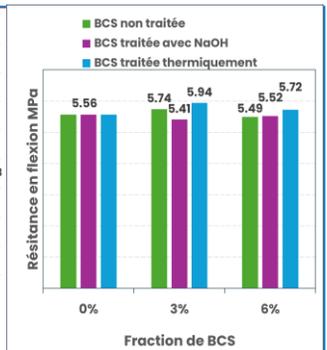
Bagasse de canne à sucre traitée thermiquement



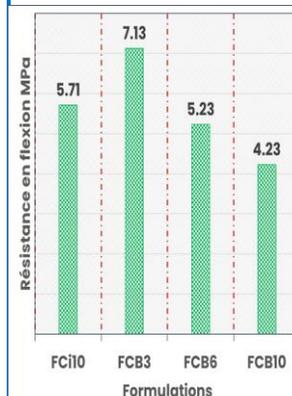
Bagasse de canne à sucre traitée au NaOH



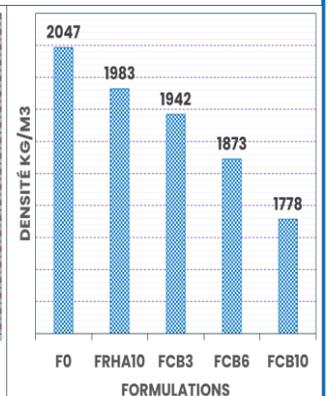
Résistance en Compression des Mortier des Cendres de Balle de Riz



Résistance en flexion des Mortiers de bagasse de canne à sucre



Résistance en flexion des Mortiers de CBRI à renfort de bagasse de canne à sucre



Densité des mortiers de CBRI à renfort de bagasse de canne à sucre

La balle de riz et la bagasse de canne à sucre peuvent être valorisés dans la construction. Le taux de substitution optimal du ciment par la cendre de balle de riz est 10%. Le matériau FCB3 est la meilleure combinaison de la cendre de balle de riz et de la bagasse de canne à sucre dans un mortier de construction. Le matériau FCB3 peut être utilisé comme élément de remplissage dans une construction.



Forum sur les Matériaux Innovants et de la Construction Durable en Afrique de l'Ouest

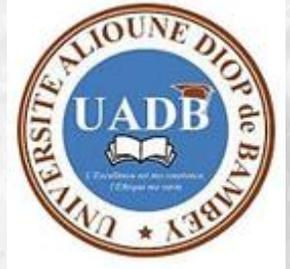
Développement d'outils de caractérisation thermique à faible coût des matériaux locaux de construction

Mohameth Dia¹, Mactar Faye^{1,2}, Mamadou S. Diallo¹, Vincent Sambou²

¹ Université Alioune Diop, Bambey – SENEGAL

² Ecole Supérieur Polytechnique, Dakar – SENEGAL

Email: mactar.faye@uadb.edu.sn



INTRODUCTION

L'évaluation de la charge de climatisation des bâtiments est cruciale pour optimiser les choix de matériaux et d'orientation. Les outils de simulation nécessitent des données thermophysiques précises, mais les lacunes dans la littérature scientifique rendent souvent difficile l'accès à ces informations, en raison du coût élevé des dispositifs de caractérisation thermique disponibles sur le marché. Pour remédier à cette situation, notre équipe développe un dispositif abordable et fiable basé sur le concept de plan chaud, offrant ainsi une solution prometteuse pour caractériser les matériaux de construction tout en respectant les contraintes budgétaires.

OBJECTIFS

L'objectif général de ce projet est de mettre en place une méthode de mesure pour l'identification des propriétés thermiques des matériaux de construction au Sénégal.

MATERIELS ET METHODS

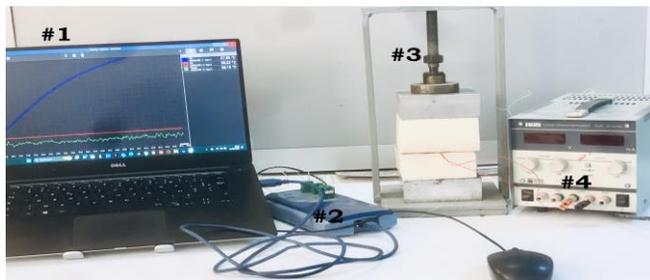
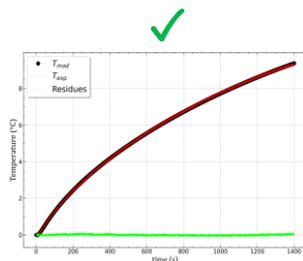
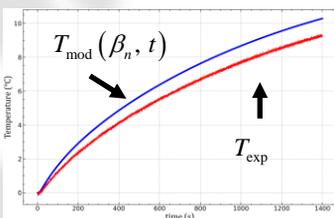


Fig-1 : Dispositif expérimental.

Expérience

$$\psi = \sum_{i=1}^N [T_{\text{exp}}(t_i) - T_{\text{mod}}(\beta_n, t)]^2$$

Modèle numérique



RESULTATS

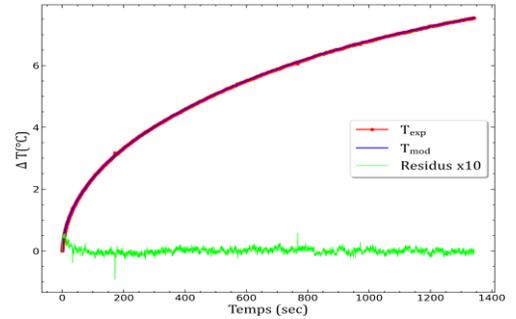


Fig-2 : Evolution des thermogrammes.

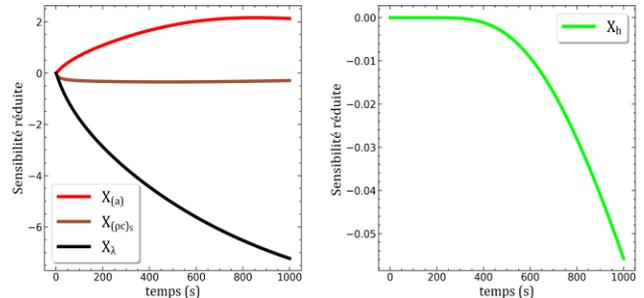


Fig-3 : Etude des sensibilités réduites.



Erreur relative inférieure à 4%.

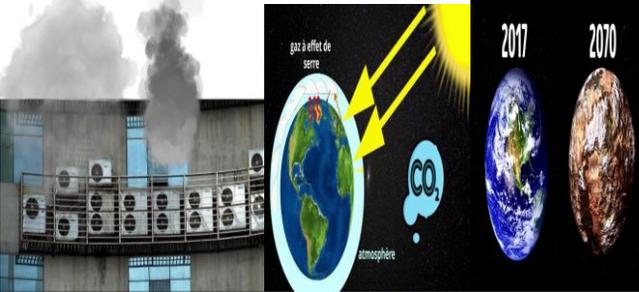
CONCLUSIONS

- La Fig-2 montre que le résidu est plat et centré sur la valeur 0 donc le code développé est valide.
- La Fig-3 montre que les paramètres thermophysiques sont sensibles et décorrélés. Il est possible de les estimer.
- La faible erreur relative obtenue montre que notre modèle est bien adapté à bien déterminer les propriétés thermiques.

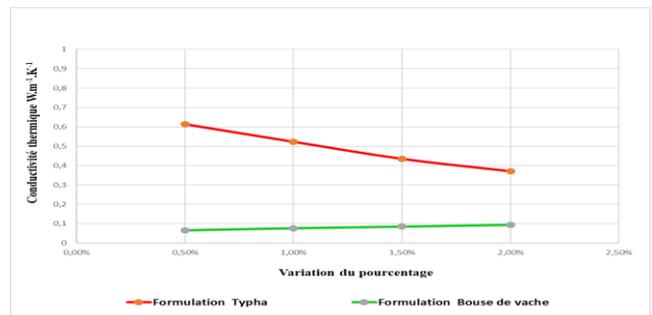
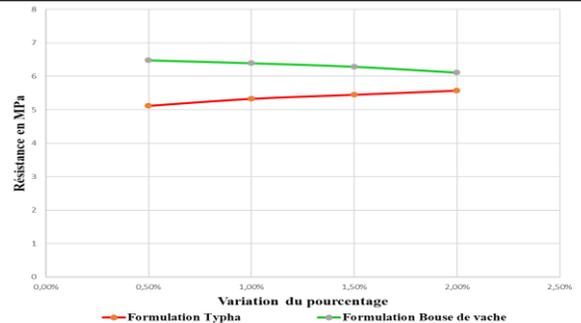
Caractérisation thermomécanique de brique à base de typha et de la bouse de vache

Hamidou SY^{*1}, Mathioro FALL², Khady DIEME³

Email: hamidousy19951@gmail . com



Formulation-Bouse de vache 06						
Calcaire	Sable	Latérite	Bouse de vache	Argile	Eau	Sel
18%	24%	24%	0,5%	12,5%	18%	3%
Formulation 07						
Calcaire	Sable	Latérite	Bouse de vache	Argile	Eau	Sel
18%	24%	24%	1%	12%	18%	3%
Formulation 08						
Calcaire	Sable	Latérite	Bouse de vache	Argile	Eau	Sel
18%	24%	24%	1,5%	11,5%	18%	3%
Formulation 09						
Calcaire	Sable	Latérite	Typha	Argile	Eau	Sel
18%	24%	24%	2%	11%	18%	3%



- Evaluer le cout du prototype
- Concevoir un modèle de bâtiment bioclimatique abordable, résilient et durable;
- Modéliser le prototype de bâtiment;
- Valoriser les matériaux locaux et Adopter des pratiques architecturales traditionnelles et locales;
- Proposer des composants bioclimatiques;
- Elaborer un manuel technique;
- Les recherches bibliographiques;
- Collecte des matières premières;
- Les phases de préparation;
- Confectionnement des adobes;



- Choix de adobe: Formulation typha 04 (1,5%) de typha
- Economie en cout globale 29,25%, économie en énergie 62 % ,économie
- Lutte contre les GES
- Construction à moindre cout
- Comparaisons des briques
- Applications : logements sociaux, salle de classe, Maison individuelle, toilette publique

CHAIRES ECOSED & CIRVAL

Développement de liants bas-carbone et de briques de terre comprimées (BTC) sans clinker et à base de géopolymères



Forum sur les Matériaux Innovants et de la Construction Durable en Afrique de l'Ouest

Mouhamadou Amar¹, Rachid Lankoande^{2,5}, Mahfoud Benzerzour³, Nor-Edine Abriak⁴
^{1, 2, 3, 4} Univ. Lille, IMT Nord Europe, Univ. Artois, Yncréa Hauts-de-France,
 ULR 4515 - LGCgE, Laboratoire de Génie Civil et géo-Environnement, F-59000 Lille, France
⁵ Université Joseph KI-ZERBO, Burkina Faso



Email: mouhamadou.amar@imt-nord-europe.fr



PRÉSENTATEUR:

Dr. Ing. Mouhamadou AMAR
 Enseignant-Chercheur

Institut Mines-Télécom Nord Europe, diffuse ses compétences scientifiques à l'industrie et l'enseignement supérieur via ces centres d'enseignement, de recherche et d'innovation (CERI) : Matériaux et Procédés, Environnement Energie, et Numérique. Son CERI Matériaux et Procédés se focalise sur les technologies avancées, l'économie circulaire, avec un accent sur la fabrication, la caractérisation, et la modélisation des matériaux, incluant les éco-matériaux et les procédés avancés.

Background

- Le développement durable conduira à trouver des solutions alternatives
- Le béton est le matériau de construction le plus utilisé dans le monde. → Nécessité de réduire nos émissions

Contexte et Nos Besoins ?

- 2.2 milliards de tonnes^[1] de déchets annuellement produits.
- Développer des matériaux durables et performants → « low-tech », ciments bas-carbone et les géopolymères
- Développer des méthodes de traitement adéquates

Nos Opportunités ?

- Disponibilité de matériaux tels que : déchets minéraux → réutilisation comme matériaux secondaires dans la construction

Méthodes

1. Échantillonnage et caractérisation des matériaux

- Minéralogie (DRX)
- Chimie (FX, FTIR, RMN, MEB, Lixi, etc.)
- Physique et mécanique (Densité, PAF, PSD, TGA / DTG)

2. Traitement des matériaux

- Broyage (Micronisation)
- Traitement thermique (Calcination flash)
- Déclencher l'activité pouzzolanique

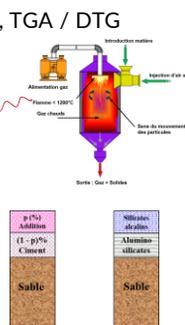
3. Formulation (à base de liants-verts et de géopolymères)

- Dosage des constituants du mélange et Formulation
- Préparation des éprouvettes

4. Essais



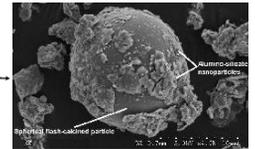
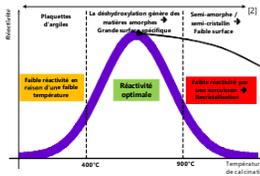
- Réactivité
- Propriétés mécaniques
- Durabilité



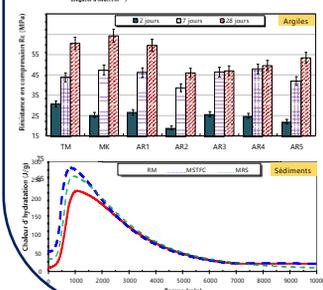
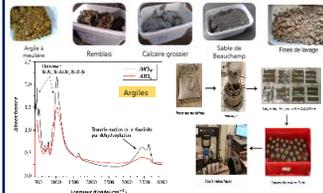
Résultats

La calcination flash booste la réactivité grâce aux nanoparticules sphériques d'aluminosilicates et à la nucléation

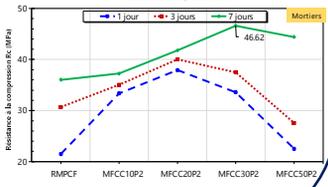
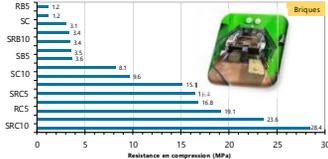
	Boues / Sédiments	Terres excavées
Granulométrie	D ₅₀ < 100 µm	D ₉₀ < 40 µm
Phases minérales	Quartz	52,8%
	Calcite	21,6%
	Alumine	8,0%
Teneur en argile	~ 10%	~ 20%



Liants cimentaires bas-carbone



Géopolymères



Conclusions

- Les matrices cimentaires à base de MPS atteignent des résistances élevées
- L'activité pouzzolanique déclenchée joue un rôle important
- Les géopolymères à base de constituants réutilisés atteignent des résistances élevées dès le jeune âge
- Des liants bas-carbone et briques géopolymères peuvent être développés à base de matières locales

Références

- Nature n° 597, 593-594 (2021)
- Amar et al., (2022) ; Selon Hanein et al., (2022)

INTRODUCTION

Face au changement climatique, le secteur de la construction est encouragé à adopter des pratiques plus durables, particulièrement dans des régions comme l'Afrique où le développement durable est non seulement essentiel mais aussi une opportunité de progrès. Ce secteur, grand consommateur de ressources et contributeur significatif aux émissions de gaz à effet de serre, doit valoriser les ressources locales pour réduire les coûts et améliorer l'accès au logement. Les balles de sorgho, abondantes et sous-utilisées, offrent une alternative prometteuse pour la fabrication de panneaux de particules, soutenant ainsi une gestion environnementale plus responsable.

OBJECTIFS

Objectif général

Concevoir des panneaux composites à base de balle de sorgho pour promouvoir des alternatives durables dans la construction.

Objectifs spécifiques

- Caractériser les matériaux utilisés dans la fabrication des panneaux ;
- Formuler des panneaux composites ;
- Déterminer les propriétés physiques et mécaniques des panneaux ;
- Explorer les applications potentielles des panneaux dans le domaine de la construction.

OBJECTIFS

- Pour la confection des composites, le liant est élaboré en dissolvant le polystyrène expansé dans l'essence.
- Les valeurs de dosage retenues sont 0,8 et 1. Ces proportions ont été ajustées pour minimiser les défauts structurels tels que l'effritement.
- La production des plaques composites s'effectue par un processus de compactage à froid.

Tableau. 1. Codification des composites.

Type de granulométrie	Code	Dosage
Fin	MF0.8	0,8
	MF1	1
Grossier	MG0.8	0,8
	MG1	1



Fig. 1. Plaque obtenue après compactage

RÉSULTATS

- La granulométrie et le dosage en liant influencent directement les propriétés physiques et mécaniques des panneaux.
- Les modules de rupture (MOR) en flexion des panneaux varient entre 0,84 MPa et 3,85 MPa, tandis que les modules d'élasticité (MOE) oscillent entre 658,13 MPa et 1313,25 MPa.
- Les propriétés observées permettent l'utilisation des panneaux dans diverses applications de construction, telles que la décoration intérieure, les faux-plafonds, et potentiellement pour la fabrication de meubles et de portes, lorsqu'ils sont associés à des revêtements appropriés.

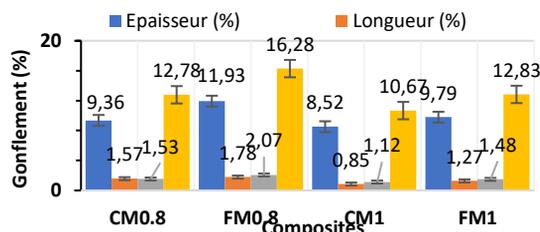


Fig. 2. Comportement des panneaux après immersion pendant 24h.

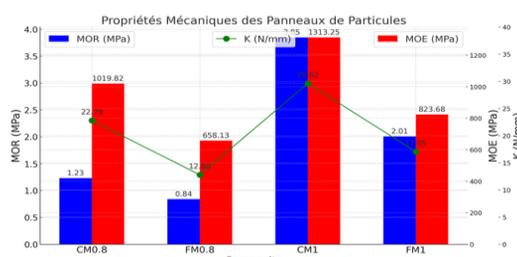


Fig. 3. Propriétés mécaniques des composites.

CONCLUSION

Cette étude révèle que les panneaux de particules à base de balles de sorgho et de polystyrène recyclé sont adaptés à divers usages dans le secteur de la construction, notamment pour la décoration intérieure et certains types d'ouvrages en bois. Les traitements de surface tels que le revêtement et le placage peuvent encore améliorer leurs propriétés mécaniques et leur durabilité. Ces matériaux innovants et écologiques offrent des possibilités prometteuses pour des constructions plus durables et respectueuses de l'environnement.



Forum sur les Matériaux Innovants et de la
Construction Durable en Afrique de l'Ouest

Formulation et mise en place d'une unité de production des sacs de matières premières pour enduits monocouche intérieur et extérieur



Aminata FALL
FANIG ENGINEERING

Email: fallamina276@gmail.com

INTRODUCTION

Pour contribuer à la dynamique de la construction durable en Afrique de l'Ouest nous proposons la formulation d'enduits écologique monocouche pour le revêtement intérieur et extérieur des bâtiments, L'usage de ces enduits permettent de diminuer l'emploi de la peinture, du carrelage et du ciment, qui sont des matériaux très onéreux en termes de production, de transport et de mis en œuvre

OBJECTIFS

Formulation et mise en place d'unité de production de sacs 50kg pour enduits intérieurs/extérieurs, étanches, esthétiques, abordables, et rapides à appliquer.

Objectifs spécifiques :

- Valorisation de matériaux locaux.
- Produire des enduits à cout abordable pour tous et qui répondent aux besoins.
- Faciliter l'accès aux produits de finition dans les parois du bâti.
- Proposer un produit innovant et pouvant assurer une correction thermique
- Réduire l'impact du carbone dans l'atmosphère en utilisant les matériaux locaux

MÉTHODOLOGIE

- 01 •Développement du produit en tenant compte des besoins du marché.
- 02 •Étude de faisabilité technique et financière du projet
- 03 •Conception de l'unité de production en respectant les normes de sécurité
- 04 •Acquisition des équipements et infrastructures nécessaires.
- 05 •Recrutement et formation du personnel pour opérer l'unité de production.
- 06 •Tests de production pour valider la qualité des enduits
- 07 •Lancement sur le marché avec des stratégies de marketing appropriées
- 08 •Suivi des performances et amélioration continue du produit

RESULTATS



CONCLUSION

En résumé, notre projet vise à répondre aux besoins croissants de la construction durable en proposant des solutions innovantes, économiques et respectueuses de l'environnement pour le marché de l'Afrique de l'Ouest.

Etude comparative du bilan carbone d'un plancher en éco-matériaux et un plancher traditionnel

, DEGUENON D. Donald¹, AMADJI Armel¹, CHABI Edem²ADJOVI Edmond Codjo³

¹Laboratoire d'Energétique et de Mécanique Appliquée (LEMA), EPAC, Bénin

²Laboratoire de Génie Rural, Ecole de Génie Rural, Université Nationale d'Agriculture, Kétou, Bénin

³Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics, Université Nationale des Sciences Technologies

Email: donalddегuенon0@gmail.com

INTRODUCTION

De nos jours, Chacun s'accorde sur l'impact de la production des matériaux industriels sur le changement climatique. Le secteur de la construction est l'un des principaux responsables de cette situation car c'est le premier consommateur d'énergie et le deuxième émetteur de CO₂ dans le monde. L'épuisement de certains gisements de matériaux est aussi l'un des problèmes que connaît le monde. Il importe par conséquent de réaliser des bâtiments éco-respectueux, qui consomment peu d'énergie et émettent moins de gaz à effet de serre sur l'ensemble de leur cycle de vie.

Pour affirmer qu'un bâtiment est écologique, il faut une Analyse de Cycle de Vie (ACV) complète.

OBJECTIFS

L'objectif général de cette étude est d'évaluer et de comparer l'empreinte carbone d'un plancher traditionnel à corps creux et d'un plancher mixte en éco-matériaux afin de déterminer la solution la plus écologique pour la construction de planchers.

MÉTHODOLOGIE

Afin d'établir le bilan carbone pour ces deux types de plancher, le guide des facteurs d'émission de l'ADEME version 5 a permis de définir les hypothèses de ratio équivalent carbone.

En effet, le guide fournit déjà le ratio équivalent à chaque activité et à chaque matériau. Alors, les quantités déterminées par corps d'état ont été donc multiplier par le ratio du Guide.

La balle de riz, le rotin et le rônier étant des matériaux nouveaux, il n'existe pas encore de données intrinsèques pour l'évaluation des impacts. Ces matériaux ont été assimilés à des matériaux initialement disponible dans le guide afin d'utiliser les facteurs d'impact de ces matériaux.

$$q_i = m_i \times f_x$$

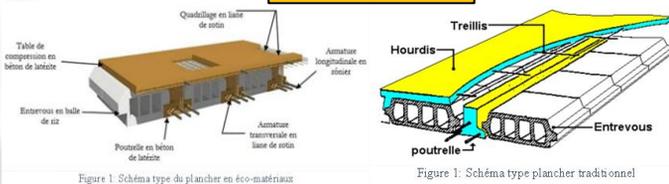


Figure 1: Schéma type de plancher en éco-matériaux

Figure 1: Schéma type plancher traditionnel



Photo 1: Carrière de latérite de Attotinga,



Photo 2: Répartition des armatures en rotin sur celles en rônier [2]

Les normes ISO 14040, 14044 et EN 15978 ont été utilisés également. Les figures 3 et 4 résument les résultats des deux solutions.

RÉSULTATS

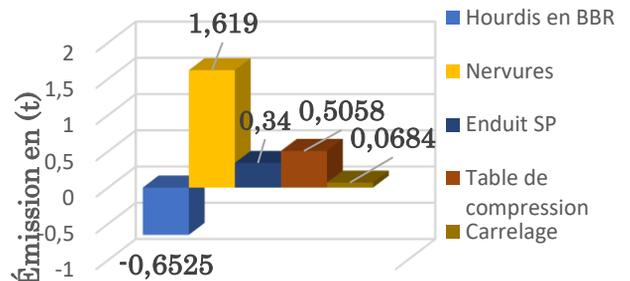


Figure 3: Diagramme des émissions par parties d'ouvrage du plancher en éco-matériaux

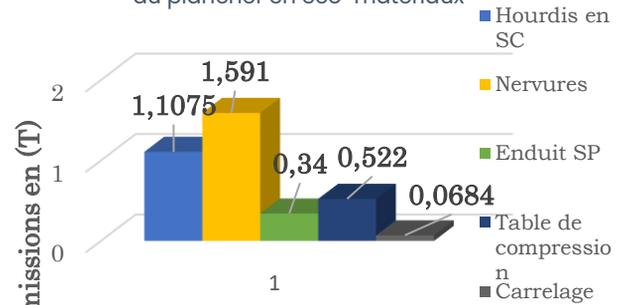


Figure 4: Diagramme des émissions par parties d'ouvrage du plancher en béton traditionnel

Les résultats ont montré que le plancher traditionnel émet **1,93** fois plus de CO₂ que le plancher en éco-matériaux, soit une émission de **1,881 tonnes** équivalente de CO₂ pour le plancher en éco-matériaux, contre **3,661 tonnes** équivalent CO₂ pour le plancher traditionnel.

CONCLUSION

Après le bilan carbone sur les deux planchers, le constat est que le plancher traditionnel émet **1,93** fois plus de CO₂ équivalent dans la nature que le plancher en éco-matériaux pour une même surface de plancher. Ainsi ce type de plancher permet de limiter l'impact environnemental, dans une démarche de développement durable.

Une comparaison de ce résultat avec le guide et les résultats des logiciels serait bien pour une confirmation. La comparaison sur le plan économique et le recyclage serait aussi une base de comparaison très intéressante.

Effet de la teneur et de la longueur des fibres de noix de coco sur le comportement physico-mécanique des blocs de terre comprimée et stabilisée au ciment

AGBEME Kossivi E.¹, P'KLA Abalo¹, KOUTO Yaovi A.¹

¹ Laboratoire de Recherche en Science de l'Ingénieur (LARSI), Université de Lomé, BP 1515, Lomé-Togo

Email: kagbemetdi.tdi@hotmail.com

INTRODUCTION : Trois milliards d'êtres humains seraient mal logés à l'horizon 2050, selon l'ONU-Habitat, aussi bien dans les pays pauvres que riches. Pour répondre aux besoins, 4 000 logements de qualité devraient "sortir de terre" toutes les heures pendant les vingt-cinq prochaines années. La terre crue, matériau prêt à construire et disponible en de nombreux endroits de la planète, constitue une des alternatives les plus viables pour répondre à cette demande. Malgré le développement technologique qu'a connu l'humanité ces derniers siècles, nous enregistrons aujourd'hui un retour croissant à la construction en terre crue dans plusieurs pays y compris les pays industrialisés profitant du développement des techniques de production très variées, soutenues par des recherches scientifiques approfondies illustrées particulièrement par celles qui concernent la technologie des blocs de terre comprimée (BTC). Au fil du temps, des chercheurs ont fait recours à plusieurs adjuvants pour améliorer les qualités physiques et mécaniques des BTC. Des études ont montré que, la stabilisation des BTC par des fibres naturelles permet de réduire leur fissuration due au retrait, d'améliorer leur durabilité et leur résistance à la traction et, de diminuer leur conductivité thermique. S'il a été prouvé, dans des études plus récentes effectuées sur les BTC que, dans certaines limites, l'ajout de fibres de Sisal ou de palmier dattier, le ciment et la contrainte de compactage améliorent la résistance à la compression des blocs, et que dans certains cas les fibres auraient un effet négatif sur les blocs, on peut formuler l'hypothèse selon laquelle, la longueur et la proportion des fibres végétales auraient une influence sur les propriétés des BTC. Au Togo, on note une forte présence de cocotier (*Cocos nucifera*). Après consommation de son fruit (noix de coco), les résidus sont généralement entassés en dépotiers sauvages ou utilisés pour des fins dérisoires. Dans une approche de recyclage, de valorisation des ressources locales et déchets naturels, notamment dans le domaine de la construction durable, les fibres de noix de coco ont été extraites et utilisées pour armer des BTC, dans des proportions et tailles différentes, dans le but d'examiner leur influence sur les propriétés physiques et mécaniques de ces blocs.

OBJECTIF GÉNÉRAL : Valorisation de la noix de coco à travers l'extraction mécanisée des fibres de coco et leur incorporation au composite terre argileuse-ciment pour la fabrication des blocs en terre comprimée (BTC) utilisés dans la construction.

OBJECTIFS SPÉCIFIQUES :

- Valoriser la noix de coco et inciter à son recyclage ;
- Vulgariser l'utilisation des fibres de noix de coco dans la construction de l'habitat à caractère durable et écologique ;
- Appréhender l'influence de la teneur et de la longueur des fibres de noix coco sur le comportement physique et mécanique des blocs de terre comprimée.

METHODOLOGIE: La terre argileuse provenant de la carrière de Noèpè (Togo) a été mélangée avec les fibres extraites et découpées en deux classes de longueur (0-6 et 6-10 cm). Trois types de terre ont été utilisées (70% de Sable (S), 30% de limon argileux (LA) ; 75% S, 25% LA et 80% S et 20% LA). Les terres ont été stabilisées au ciment avec un taux variant de 2 à 8% pour un pas de 2%. Les fibres sont incorporées à la matrice terre argileuse-ciment avec une teneur en masse de terre variant de 0 à 0,4% pour un pas de 0,1%. Les BTCs à 0 % de fibres ont servi de témoins. L'étude s'est focalisée sur la densité, l'absorption par capillarité et la résistance à la compression des blocs.



Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3



Fig. 4



Fig. 5



Fig. 6



Fig. 7

Fig. 1: Chargement de la terre argileuse à la carrière, Fig.2: Sable alluvionnaire, Fig.3: Cosses de noix de coco, Fig.4: Défibreur, Fig.5: Fibres extraites en vrac, Fig.6: Fibre de longueur 0-6cm, Fig.7: Fibre 6-10cm

RESULTATS : L'analyse des résultats montre que la densité des blocs diminue avec l'augmentation de la teneur en fibre incorporée. Ceci s'explique par la légèreté et la faible densité des fibres. Elle atteint une valeur maximale pour le témoin (0% de fibre) et une valeur minimale à 0,4% de fibre. Le constat révèle que la densité des blocs augmente avec la teneur en ciment. En comparaison, les densités des blocs (1950-2240 kg/m³) sont plus élevées que celle des BTC armé de fibres de bambou (1490 -1560 kg/m³) et celle de la terre battue (1700 kg/m³). Elles sont proches de celle du pisé (1990 Kg/m³ - 2160 Kg/m³) et celle des briques en terre cuite (1800-2000 kg/m³).

On remarque que pour un même type de composition granulaire de la terre, l'absorption capillaire des blocs augmente à la fois avec le taux et la longueur de fibres. Les éprouvettes à 0% de fibres sont moins absorbant que les éprouvettes de 0,1 ; 0,2 ; 0,3 ou encore 0,4% de fibres. Ceci s'explique par une porosité de plus en plus croissante avec l'augmentation de la teneur en fibre. Les fibres plus longues entraînent une augmentation de la porosité des blocs car ces derniers occupent plus d'espace dans la matrice, le contact fibre-fibre s'intensifie à cet effet créant donc plus de vide et favorisant l'absorption. De même, on constate que l'absorption diminue considérablement avec la teneur en ciment. En effet, les blocs deviennent moins poreux avec l'augmentation de la teneur en ciment. L'absorption diminue de 73% de 0% à 2% de ciment et de 93% à 8% de ciment. Ces résultats témoignent l'effet considérable du ciment sur l'absorption et le réseaux poreux des blocs. les résultats indiquent également que pour les mêmes teneurs en ciment et fibre, l'absorption est plus élevée chez les blocs plus sableux que chez celles contenant moins de sable. En effet, une teneur en sable plus élevée rendrait le bloc plus poreux donc plus absorbant.

Les résultats obtenus de l'essais de compression démontrent d'une façon générale que la résistance à la compression décroît avec l'augmentation de la teneur en fibre. Plus la quantité de fibres est importante, moins les blocs résistent. Ce comportement s'explique par l'intensification du contact fibre-fibre qui est la conséquence de l'augmentation du pourcentage de fibres incorporées dans les blocs. Ce qui entraîne donc une diminution de l'adhérence et la mouillabilité entre les fibres et la matrice argileuse, entraînant une fragilisation des blocs. Les résultats obtenus sur les terres S1 (70% de Sable (S), 30% de limon argileux (LA) et S2 (75% S, 25% LA) montrent que les fibres ont un effet négatif sur la résistance des blocs en compression. Cependant, les résultats de la terre S3 (80% S, 20% LA) révèle une augmentation et un pic entre 0,2 et 0,3% de fibres. Ce résultat s'explique par la composition de la terre S3 et est semblable à des résultats de travaux similaires antérieurs où la résistance des blocs armés de fibres semblables atteint un pic et décroît par la suite. Le constat révèle autant que la longueur des fibres a une influence sur le comportement des blocs face à la compression.

CONCLUSION: Ce travail de recherche s'est focalisé sur l'effet de la teneur et de la longueur en fibres de noix de coco et aussi de la granularité de la terre sur le comportement physique et mécanique BTC stabilisés. Les résultats expérimentaux indiquent que la densité des blocs diminue avec l'augmentation en fibres quel que soit leurs longueurs. Les résultats indiquent également que la densité des blocs augmente avec la teneur en ciment. Pour un même type de composition granulaire de la terre, l'absorption capillaire augmente à la fois avec la longueur de fibres et le taux d'incorporation. Les essais révèlent que plus la teneur en sable est élevée dans le bloc, plus il est poreux et donc plus absorbant, ce comportement change néanmoins avec la stabilisation au ciment. De façon globale, la résistance à la compression décroît avec l'augmentation de la teneur en fibre. L'analyse des résultats révèle que la résistance croît avec la stabilisation et que la longueur des fibres influence le comportement des blocs en compression. Ce travail met en exergue l'effet des fibres de noix de coco sur le comportement physique et mécanique des blocs à travers les essais réalisés. Il s'inscrit dans la continuité de la valorisation des matériaux locaux, des déchets végétaux et biosourcés, qui sont une alternative durable et renouvelable aux matériaux traditionnels, contribuant à la lutte contre le réchauffement climatique et à la préservation de l'environnement.



Fig. 8: Presse de compactage



Fig. 9: Bloc standard



Fig. 10: BTC fibrés

Evaluation du comportement thermique d'un bâtiment bioclimatique

B. Kossi IMBGA¹, Emmanuel OUEDRAOGO^{2,3}, Mady SANA¹, Vincent SAMBOU⁴, Florent P.KIENO¹

¹Laboratoire de Recherche en Météorologie et l'Espace (LAREME); UNZ ; BP: 376 Koudougou , RN 14 ;

²Laboratoire d'Energie Thermique Renouvelable (LETRE) ; UJKZ ; 10 BP 13495 Ouaga 10, Burkina Faso ;

⁴Laboratoire Eau, Énergie, Environnement et Procédés Industriels (LE3PI); UCAD ; BP 5085 Dakar Fann ;

³Département de Physique et Chimie, Université de Ouahigouya, 01 BP 346 Ouahigouya 01.

Email: Kossiimbga@yahoo.fr



Forum sur les Matériaux Innovants et de la Construction Durable en Afrique de l'Ouest



INTRODUCTION

L'architecture bioclimatique est un concept large qui implique l'adaptation de la conception et des techniques de construction du bâtiment à son environnement, y compris l'utilisation de ressources naturelles. Ces bâtiments doivent procurer une sensation de confort aux utilisateurs ainsi, les variables physiques telles que la température, l'humidité, l'éclairage et l'acoustique doivent être prises en compte. Dans ce travail, nous avons évalué les paramètres du confort thermique de deux salles de classe du Burkina Institute of Technologie (B.I.T) à partir des données de l'ambiance interne (température et l'humidité relative) et d'une station météorologie durant les périodes de mars et avril.

OBJECTIFS

L'objectif de ce travail est d'évaluer les paramètres de confort thermique notamment la température et l'humidité relative de deux salles de classe de l'établissement d'enseignement supérieur Burkina Institute of Technologie (B.I.T). De façon spécifique il s'agit d'évaluer les déphasages thermiques et humidités relatives durant le mois de mars et avril (les périodes les plus chaude du Burkina) selon le modèle architecturale et bioclimatique des bâtiments

METODOLOGIE

Les données de températures et l'humidités relatives sont enregistrées grâce à un capteur de température et humidité relative et une station météo (TAHMO). Les données sont enregistrées à des pas de temps d'une heure (1h). Les capteurs sont accrochés dans les salles de classe et la station météo est installées à 50 m des salles de classe.



Fig2: Station météo



Fig1: capteur de T(°C) et HR (%)

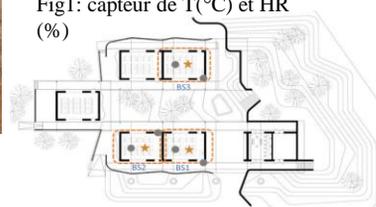


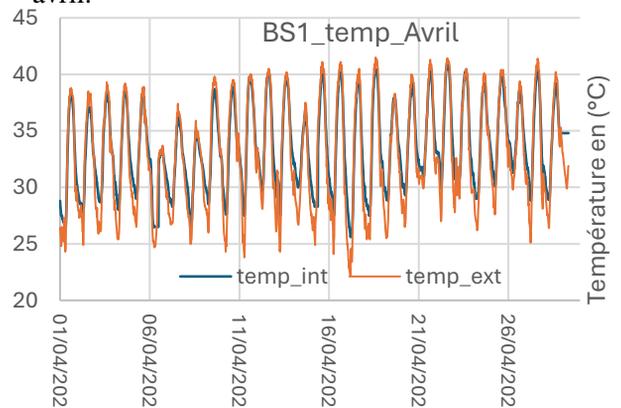
Fig3: plan des salles de classe



Fig4: Modèle architecturale des bâtiments

RESULTATS

Les données des températures extérieures mesurées varient entre 20,2°C et 40,5°C pour le mois de mars et entre 22,2°C et 41,5°C pour le mois d'avril. Durant ces mêmes périodes, les températures internes de la salle de classe BS1 varient de 25,2°C à 39,4°C mois Mars et de 25,4°C à 40,8°C pour le mois d'Avril. Dans la salle BS2, la température varie entre 23,5°C et 39°C et de 25,1°C à 40,6°C pour les mois respectifs mars et avril.



CONCLUSION

La salle BS1 a montré sa capacité maximale amortir la température extérieure respectivement de 75,60% (mars) et 84,92% (avril), et HR de 68,53% (mars) et 88,06% (avril). Le déphasage thermique maximal obtenu est de 1h45mn (Mars). Au niveau de la salle BS2, les facteurs d'amortissement maximaux sont respectivement 88,23% (mars) et 56,92% (avril). Le déphasage thermique maximale obtenu est de 1h30mn (Mars). Les facteurs d'amortissements maximaux de HR sont de 66,75% (mars) et 88,5% (avril).

Mots Clés: facteur d' amortissement, déphasage thermique, bioclimatique

Co-construire de l'expertise inclusive des connaissances locales, vers des projets d'amélioration de l'habitat en Afrique de l'Ouest

MOLES Olivier¹, TIEMTORE Sayouba², PAPE Keita³, COLY Assane⁴, LEPORCQ Pauline⁵

1 CRAterre, laboratoire AE&CC 3 UrbaSEN 5 UrbaMonde
2 Yaam Solidarité 4 GRDR

Email: o.moles@craterre.org

Les pays de la zone UEMOA font face à un secteur du logement insuffisamment développé. La production demeure essentiellement informelle, à plus de 80%. Depuis 2016, la Commission de l'UEMOA s'est engagée dans l'appui aux États membres pour la formulation et l'opérationnalisation de programmes de logements.

Le Sahel est le berceau d'un patrimoine architectural et de cultures constructives multiples. L'usage de la terre crue comme matériau de construction en association avec d'autres s'est parfaitement adapté aux modes de vie et d'habiter locaux. Cette ressource locale et les savoirs qui lui sont associés connaissent un important regain d'intérêt du fait de leur potentiel à répondre à une demande croissante, notamment en

zone urbaine, de bâtiments de qualité, sains et écologiques.

Yaam Solidarité (Burkina Faso), Grdr (Guinée-Bissau) et UrbaSEN (Sénégal), soutenues financièrement par la FAP et l'AFD et accompagnées par CRAterre et Urbamonde s'appuient sur les savoirs et savoir-faire locaux pour promouvoir une architecture raisonnée en Afrique de l'Ouest.

OUTILS

Plusieurs outils ont été développés pour mieux prendre en compte et co-construire les expertises locales dans les projets d'amélioration de l'habitat :

Diagnostic territorial : comprendre l'existant

Dans leur lieu d'implantation, les communautés ont produit des solutions intelligentes et innovantes pour construire leurs habitations, dans le respect de leurs modes de vie, valeurs et traditions. La bonne compréhension de ces savoirs est une étape indispensable de tout projet d'amélioration de l'habitat qui se veut adapté et pérenne. Un guide pour l'analyse contextuelle de l'habitat local a été développé. Il propose une méthode pour identifier la multiplicité des ressources d'un territoire, notamment les cultures constructives locales, avant de prendre des décisions de projet.

<https://sheltercluster.org/promoting-safer-building-working-group/documents/guide-pour-l-analyse-contextuelle-de-l-habitat-local>

Formation : renforcer les compétences locales

Face aux défis sociaux et environnementaux, l'utilisation de matériaux locaux prend de plus en plus de sens sur le continent. Transformés et mis en œuvre dans une logique de circuit court, enrichis de nouveaux savoirs et matériaux, ils contribuent à créer de l'activité économique et de l'emploi localement. Les partenaires du projet ont mis en place différents outils permettant aux acteur-rices locaux de mutualiser leurs savoirs et de renforcer leurs compétences : formations d'artisan-es et de formateur-rices, chantiers-formations, bâtiments démonstrateurs.

Épargne habitante : financer collectivement

Pour répondre au besoin de logements et de petits équipements collectifs pour les populations urbaines de la zone UEMOA, des mécanismes de financement communautaire sont mis en place. Des outils sont en cours de développement pour sensibiliser et accompagner les habitant-es à ce type de mécanisme.

Bâtiment démonstrateur : prouver la pertinence

La démarche proposée est de s'appuyer sur les cultures constructives locales, en les faisant évoluer lorsque cela est pertinent, pour concevoir une architecture adaptée aux besoins actuels, durable et écoresponsable. Les bâtiments démonstrateurs permettent de sensibiliser les habitant-es, autorités locales, professionnel-les de la construction.

Aide au choix informé : évaluer les impacts des projets

Les matériaux locaux, faiblement transformés, limitent les émissions de gaz à effet de serre sur le cycle de vie du bâtiment (chantier, utilisation, modifications, démolition). CRAterre, Grdr, Yaam Solidarité et urbaSEN ont développé l'outil « IMPEEC », à destination des maître-sses d'ouvrage de petits bâtiments publics en Afrique de l'Ouest. Il a pour objectif de les aider à faire des choix architecturaux en prenant en compte l'empreinte environnementale, le coût et l'impact sur l'économie locale.

<https://www.fap-learning-lab.org/assessing-economic-and-environmental-impacts-of-construction/>

EXEMPLES

Dans le cadre du « Projet de promotion et réalisation d'un habitat durable au profit des familles vulnérables de la ville de Canchungo » (PPHD), mené par le Grdr depuis 2014

Le projet a débuté par la réalisation d'une étude des savoirs et savoir-faire constructifs locaux et de leur potentielle amélioration. Il a été conçu dans une logique de réutilisation de ces savoirs dans l'amélioration écoresponsable de l'habitat local.



Un axe principal de Canchungo en fin de saison des pluies © Grdr

Des actions ont été menées auprès de familles vulnérables avec la volonté de promouvoir l'usage des matériaux locaux et une architecture durable auprès des autorités. 120 jeunes artisan-es ont été formés aux bonnes pratiques de réparation, reconstruction de l'existant. La construction du bâtiment du centre de formation du Grdr a été un espace d'apprentissage et d'expérimentation des techniques de construction en terre.



Maison réhabilitée © FAP

Le Grdr a développé le Fonds d'incitation à l'amélioration de l'habitat (FAIH) afin de soutenir 250 bénéficiaires dans la réhabilitation de leur logement. L'accompagnement du Grdr respecte la place centrale des bénéficiaires dans la démarche : ils et elles participent au diagnostic de vulnérabilité, déterminent des choix prioritaires, contribuent physiquement à la réalisation des travaux. Le FAIH permet de mobiliser et renforcer les mécanismes de solidarité locale au profit des ménages les plus vulnérables.



Collecte de l'épargne par le groupe de femmes de Tchada © Grdr



Laboratoire des cultures constructives de Canchungo © Grdr

Le Grdr a lancé, en partenariat avec les autorités locales, la construction d'un centre de ressources et de diffusion des connaissances sur la réhabilitation et la construction des bâtiments en terre. Son architecture réinterprète les savoirs locaux et valorise les ressources en matériaux et en compétence locales.

Une évaluation de l'impact environnemental de la construction du centre de formation de Canchungo (utilisation d'énergie et d'émissions de gaz à effet de serre) a été conduite, en comparant l'option matériaux locaux à celle en bloc ciment. Les résultats montrent un gain non négligeable par rapport à des murs en blocs ciment : 5 tonnes équivalent CO₂ sont économisées pour ce bâtiment qui compte 230 m² de murs.

CHANGEMENT D'ÉCHELLE

L'usage des matériaux locaux pour la construction et l'aménagement du territoire nécessite différents types d'actions, complémentaires et coordonnées. Il faut prendre en compte l'ensemble de l'« écosystème » et impliquer les parties prenantes des secteurs publics et privés, issues des milieux formels et informels. Voici quelques exemples :

Règles professionnelles

Documents techniques élaborés pour définir les prescriptions de conception, de dimensionnement et de mise en œuvre des ouvrages. Ils capitalisent le savoir-faire et formalisent le cadre de l'emploi des matériaux locaux.

Référentiels de compétences

Le développement de référentiels dans le domaine de la construction permet de mettre en place un système de certification des acquis de l'apprentissage et de mettre à disposition des outils de formation et d'évaluation pour le développement de programmes d'enseignement.

Réseau d'acteur-rices

Le réseau d'acteur-rices permettrait de soutenir la filière matériaux locaux, de promouvoir les professionnel-les impliqués, de répondre à plus grande échelle, de travailler ensemble au développement de formations ou de règles professionnelles, etc.

Valorisation des bouteilles en verre dans la fabrication des Briques en Terre Comprimée (BTC) cuites

DIADI Talardja¹, SAWADOGO Yousof¹, SORGHO Brahim¹
 Laboratoire de Chimie Moléculaire et des Matériaux, Université Joseph KI-ZERBO, 03 BP 7021 Ouaga 03, Burkina Faso.
 Email : sorghobrahima3@gmail.com

INTRODUCTION

La latérite est l'un de matériaux de construction le beaucoup utilisé par l'homme du fait de son abondance et de sa maniabilité. Elle est de plus en plus abandonnée au profit du ciment à cause de sa faible résistance mécanique, de sa sensibilité à l'eau, de son coût élevé, etc. De nos jours, avec les préoccupations environnementales causées par le ciment dans sa production et son utilisation, un retour à l'utilisation des matériaux locaux comme la latérite est nécessaire à cause de leurs qualités écologique, moins énergivore et de bonnes performances d'isolations thermiques. Pour rendre durable cette utilisation, il sied d'améliorer certaines propriétés (vulnérabilité à l'eau, faible tenue mécanique, etc.) des briques en latérite à travers l'ajout des adjuvants disponibles et accessibles. C'est ainsi que nous nous sommes intéressés aux bouteilles en verre non recyclables.

OBJECTIFS

Objectif générale :

Formuler des Briques de Terre Comprimée (BTC) cuites à base de la latérite stabilisée à la poudre de verre.

Objectifs spécifiques :

- Caractériser les matières premières ;
- Elaborer les éprouvettes ;
- Evaluer les propriétés physiques et thermiques des éprouvettes.

MÉTHODOLOGIE

Deux matières premières ont été utilisées : de la latérite et de la poudre de verre de bouteilles. Ces matières ont été caractérisées par différentes méthodes et techniques (DRX, XRF, IR, etc.).

La latérite ($\phi \leq 106 \mu\text{m}$) a été mélangée à la poudre de verre de bouteilles ($\phi \leq 250 \mu\text{m}$) dans les proportions de 20 à 35%.

Pour chaque formulation la masse totale du mélange est de Les éprouvettes formulées ont été séchées pendant 21 jours à température ambiante avant d'être calcinés à des faibles température (750°C) pendant 24 heures.



La latérite



Bouteille de verre

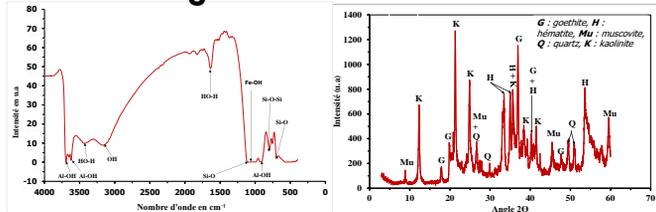


RÉSULTATS

➤ composition chimique de la latérite

Composition	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	PF	Total	Balan
Taux (%)	39,52	29,71	18,23	0,03	0,05	0,12	1,32	10,81	99,79	±0,21

➤ Minéralogie de la latérite



Courbe Infra-rouge

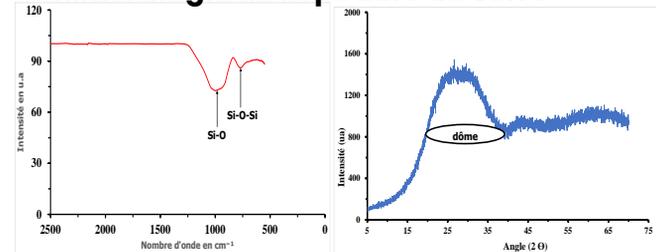
Diffractogramme

la **latérite contient** de la kaolinite (64%), la muscovite (11%), de l'hématite (12%), la goethite (7%) et la quartz (5%).

➤ Composition chimique de la poudre de verre

Composition	SiO ₂	Na ₂ O	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	PF	Total
Taux (%)	72,5	13,0	9,3	3,0	1,5	0,3	0,1	-	99,7

➤ Minéralogie de la poudre de verre

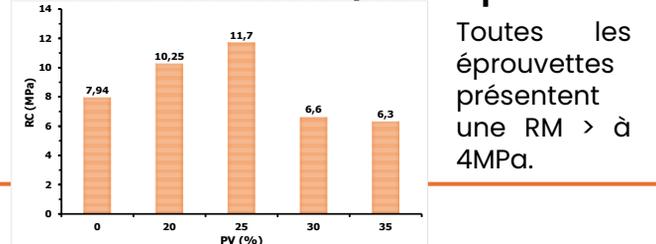


Courbe Infra-rouge

Diffractogramme

La **poudre de verre** de bouteilles contient essentiellement des phases amorphes.

➤ Résistance mécanique des éprouvettes



Toutes les éprouvettes présentent une RM > à 4MPa.

L'éprouvette amandée à 25% présente des meilleures performances thermiques ($0,51 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ et $0,22 \text{ mm}^2/\text{s}$).

CONCLUSION : Le présent travail montre que les latérites et les verres de bouteilles non recyclables peuvent être valorisées dans l'élaboration des briques de qualité et de bonnes résistances mécaniques et confort thermiques.



Détermination des propriétés thermophysiques des matériaux biosourcés à base de typha et des liants (latérite, plâtre, ciment et résine) pour l'utilisation dans l'habitat

El Hadji Abdoul Aziz CISSE¹, Papa Touty Traore¹, More Ndiaye¹, Issa Diagne¹.

¹ Laboratoire des semi-conducteurs et Energies Solaires, Département de physique, Faculté des Sciences et techniques de l'université Cheikh Anta Diop de Dakar-Sénégal
Email: elhadjiabdoulazizcisse1@gmail.com



Caractérisation thermique des matériaux ciment-typha, plâtre-typha, latérite-typha et résine-typha par la méthode du plan chaud asymétrique

INTRODUCTION

L'Afrique est un continent où le secteur du bâtiment reflète 80 % des consommations énergétiques (hors bois de feu et biomasse) et les émissions de gaz à effet de serre (G.E.S). Aujourd'hui si l'Afrique entière ne contribue qu'à hauteur de 4 % des émissions mondiales de G.E.S., cette contribution pourrait fortement rehausser à l'avenir. Les causes de cette augmentation sont la croissance démographique, l'urbanisation massive, l'augmentation du P.I.B. par habitant et l'exode rural qui conduisent davantage d'habitants à recourir à des énergies commerciales d'origine fossile (selon Thierry Joffroy et al sur l'architecture bioclimatique et efficacité des bâtiments au Sénégal). Autrement dit, en mars 2023, le GIEC (groupe intergouvernemental sur l'évolution du climat), confirme dans leurs rapports publiés que le réchauffement de la température mondiale s'accélère : il atteindra 1,5 °C vers 2030 et pourrait ensuite dépasser les 2 °C si les Etats-Unis n'accélèrent pas les efforts de réduction d'émissions.

Face à ces défis, un choix sur l'architecture et l'utilisation des nouveaux matériaux de construction sont urgentes pour faire face aux défis environnementaux dans les années à venir.

OBJECTIFS

- Caractérisation de nouveaux matériaux isolants (plâtre-typha, ciment-typha, latérite-typha et résine-typha) pour le confort thermique dans l'habitat.
- Valorisation du typha comme matériau de construction pour une utilisation beaucoup plus large (brique isolante, plaque isolante et cloison de bâtiment pour inerte thermique)

METHODOLOGIE

- Échantillonnage des matériaux en utilisant des briques de petites dimensions
- Variation des pourcentages de typha dans les échantillons
- L'utilisation de plusieurs liants (ciment, plâtre, latérite et résine)
- Détermination de la conductivité (λ) et de l'effusivité thermique (E)

ECHANTILLONS



RESULTATS DE CARACTERISATION THERMIQUE

Mélanges	Ciment et typha					Plâtre et typha				
Moules	C1	C2	C3	C4	C5	P1	P2	P3	P4	P5
λ en W/m.K	1,1	0,2	0,1	0,1	0,0	0,6	0,1	0,1	0,1	0,0
E en J/m ² .K.s ^{1/2}	561	976	724	488	652	795	743	554	378	652
	168	638	301	270	258	102	560	486	447	276
	9,3	,06	,71	,60	,42	2,4	,92	,34	,85	,13
		92	36	84	32		13	81	12	2

Mélange	Latérite et typha					Résine et typha			
Moules	L1	L2	L3	L4	L5	R1	R2	R3	R4
λ en W/m.K	0,7	0,4	0,2	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0
E en J/m ² .K.s ^{1/2}	178	16	841	779	597	563	313	963	74
	942	891	421	415	287	528	485	420	332
	,53	,72	,28	,22	,08	,83	,31	,71	,88
	92	25	17		55	07	93	41	73

CONCLUSION

Les résultats montrent que l'apport en typha dans les échantillons diminue la conductivité et l'effusivité thermiques :

- Ciment et typha, la conductivité thermique passe de 1,1561 à 0,1314 W/m.K et l'effusivité thermique de 1689,3 à 258,4232 J/m².K.s^{1/2}.
- Plâtre et typha, la conductivité et l'effusivité thermiques rétrécissent de 0,6795 à 0,0652 W/m.K et de 1022,4 à 276,132 J/m².K.s^{1/2} respectivement.
- Latérite et typha, la conductivité thermique varie de 0,7178 à 0,0597 W/m.K et l'effusivité thermique de 942,5392 à 287,0855 J/m².K.s^{1/2}.
- Résine et typha, la conductivité thermique décroît de 0,1563 à 0,074 W/m.K et l'effusivité thermique de 528,8307 à 332,8873 J/m².K.s^{1/2}.

En plus, des résultats que nous avons obtenus pour la caractérisation thermique des matériaux, une étude mécanique, la détermination l'épaisseur optimale d'isolation thermique de chaque matériau et leur comportement avec l'eau avant de les mettre en œuvre seront envisageables.

1. Introduction

- Le climat intérieur d'un bâtiment est en grande partie déterminé par la composition de son enveloppe.
- De nombreux matériaux intervenant dans la construction au Burkina, ont fait l'objet de formulation et de caractérisation thermique.
- C'est ainsi, nous procédons à une étude par une méthode des transferts thermiques bidimensionnels de quelques matériaux regroupés en quatre groupes (adobe, BLT, BTC, parpaing et dérivés) pour déterminer les plus performants thermiquement

3. Méthodologie

Dispositifs

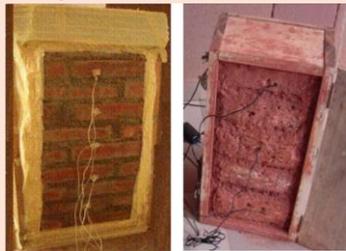


Figure 1 : Mur en brique de terre cuite (gauche) et en brique de latérite taillée (droite)

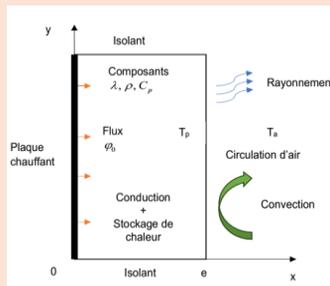


Figure 2 : Modèle physique avec ses phénomènes de transfert de chaleur dans le mur

Equations

Equation de la chaleur à l'intérieur du mur:

$$0 < x < l_{mur} \text{ et } 0 < y < L_{mur}$$

$$\frac{1}{a} \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \quad (1)$$

Face du mur en contact avec la plaque:

$$\text{chauffante : } x = 0 \text{ et } 0 \leq y \leq L_{mur}$$

$$-\lambda \frac{\partial T}{\partial x} = \varphi_0 \quad (2)$$

Face du mur en convection :

$$x = l_{mur} \text{ et } 0 \leq y \leq L_{mur}$$

$$-\lambda \frac{\partial T}{\partial x} = H(T_p - T_a) \quad (3)$$

Face isolée supérieure:

$$0 < y < l_{mur} \text{ et } y = L_{mur}$$

$$-\lambda \frac{\partial T}{\partial y} = 0 \quad (4)$$

Face isolée inférieure:

$$0 < x < l_{mur} \text{ et } y = 0$$

$$-\lambda \frac{\partial T}{\partial y} = 0 \quad (5)$$

Les deux faces latérales:

Les faces latérales sont les limites du mur et sont isolées.

Hypothèses

- Phénomènes de transfert et de masse négligés
- Face soumise à un flux constant et face opposée en convection naturelle et rayonnement

- Faces restantes isolées thermiquement ;
- ρ, C_p, λ constantes et
- $T=T(x, y)$;
- Conditions initiales : équilibre thermique début expérience.

6. Conclusion

- Adobe matériaux plus performant suivi des BTC et BLT
- Transferts bidimensionnels: bon moyen pour l'étude des performances thermiques des matériaux.

2. Objectifs

OG : Évaluer les performances thermiques de différents matériaux de construction à l'aide d'une simulation numérique bidimensionnelle des transferts thermiques

OS 1: Représenter les profils de températures transversales au sein d'un mur soumis à un flux de chaleur constant de différents groupes de matériaux.

OS 1: Comparer les températures à la sortie du mur pour déterminer le matériau le plus performant.

OS 1: Comparer les températures de surface à l'entrée du mur pour classer les effusivités des différents matériaux.

4. Résultats

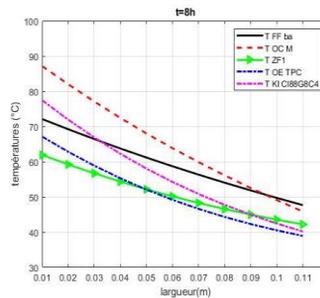


Figure 3

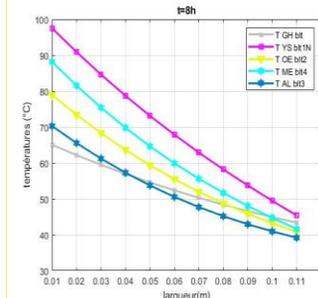


Figure 4

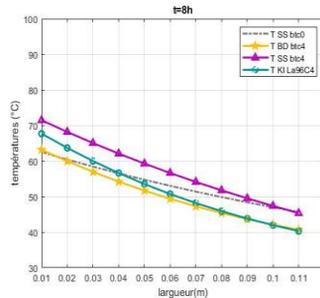


Figure 5

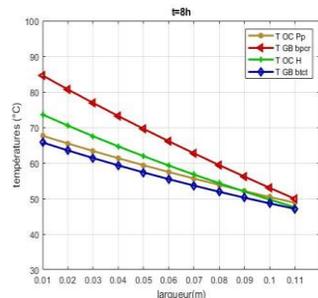


Figure 6

Figures : Evolution des températures au sein des murs 3 (Adobe), 4 (BLT), 5 (BTC), 6 (Parpaing)

5. Discussion

- Elévation des températures en bon accord avec les effusivités des différents matériaux sur la face en contact avec la plaque.
- Sur la face en convection naturelle
 - Températures les plus basses : adobes, suivi des BTC et des BLT. Ainsi l'adobe est le plus performant.
 - Parpaing et dérivés: températures les plus élevées à la sortie. Il est le moins performant de tous les matériaux.

PROJET DE DÉVELOPPEMENT DE PAVÉS ÉCOLOGIQUES POUR LES REVÊTEMENTS DURABLE ET POPULAIRE DES VOIES SECONDAIRES

Etienne MALBILA^{1,2,*}, Fati ZOMA^{1,3}, Diudonné DABILGOU¹, Sabour COMPAORE² Adama SORY², David Y. K. TOGUYENI^{3,4}
¹ LETRE, UJKZ, Ouagadougou, Burkina Faso,
² ESI, UFDG, Fada N'Gourma, Burkina Faso
³ LPCE, UJKZ, Ouagadougou, Burkina Faso
⁴ EPO, Ouagadougou, Burkina Faso

Email: t.emalbila@gmail.com

Le présent projet porte sur la production de pavés écologiques et une approche HIMO pour des travaux de revêtement de voiries internes des quartiers péri-urbains, des habitations et ou services publics.

1. CONTEXTE ET JUSTIFICATION

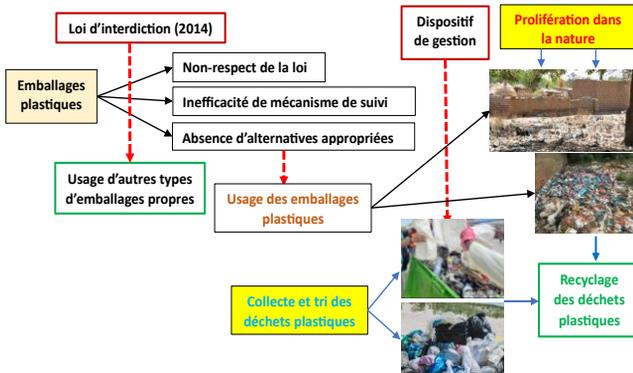


Figure 1: Synthèse graphique d'un cycle de vie des emballages plastiques

2. BASES SCIENTIFIQUES

- ❑ Valorisation des pavés en plastiques pour revêtement routier;
 - Analyse des dégradations par la courbe de Pareto
 - 74,47% des causes de dégradation sont: formulation et choix des composants du composite; (Malbila et al, 2023)
- ❑ Etude préliminaire de formulation de pavés écologiques
 - Dispositif solaire Scheffler comme source de chaleur de fusion des déchets plastiques;
 - Mélange avec des granulats dans un malaxeur contigu.
 - Meilleure résistance mécanique ($R_t=12,15$ MPa et $R_c= 23,96$ MPa) → $R_c > 20$ MPa (NF EN 1339); (Compaoré, 2022)
 - Taux d'absorption d'eau de 0,4%;
 - Diffusivité thermique égale à $0,36$ mm²/s;
 - Composite de ratio Sable/Plastique de 65/35

3. OBJECTIF

Valoriser des déchets plastiques comme matériaux de construction durable dans les applications du génie civil.

4. PROCESSUS MÉTHODOLOGIQUE

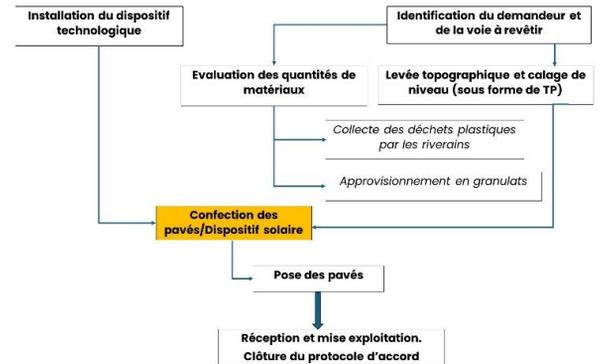


Figure 2: Synoptique de la mise en œuvre des revêtements routiers

5. DISPOSITIF DE PRODUCTION

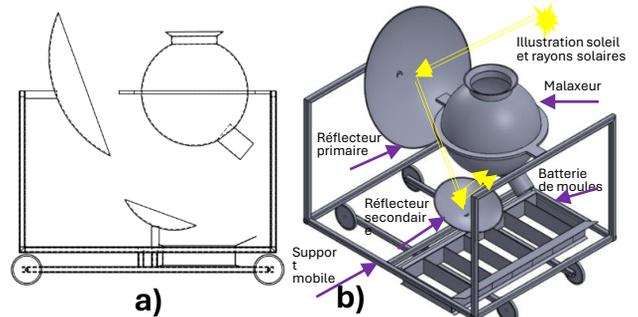


Figure 3: Dispositif de production à base d'énergie solaire a) vue de face et b) vue d'ensemble

6. MISE EN OEUVRE

- Coût estimatif du dispositif: 8385 euros
- Equipe technique;
- Site de pilote UFDG.

7. CONCLUSION

- Disponibilité de la ressource;
- Besoin en assainissement du cadre de vie;
- Valorisation possible des déchets plastiques;
- Acquis scientifiques expérimentaux;
- Technologie accessible.



Forum sur les Matériaux Innovants et de la
Construction Durable en Afrique de l'Ouest

LE SECTEUR DU BATIMENT ET LE CHANGEMENT CLIMATIQUE

Mamadou DIENG, ing., EMF, MBA GP,
Certifié Expert EDGE de la SFI



Email : mamadoudieng36@yahoo.fr ou mamadoudieng@bhs.sn

Cette étude examine l'impact des bâtiments sur le climat, mettant en lumière leur contribution significative aux émissions de gaz à effet de serre. Elle souligne l'urgence d'adopter des stratégies durables pour atténuer cet impact, notamment en intégrant les énergies renouvelables et en renforçant les politiques publiques au Sénégal.

Dans un contexte où les défis environnementaux deviennent de plus en plus pressants, l'impact des bâtiments sur les changements climatiques est devenu une préoccupation majeure. Ces structures, qu'elles soient résidentielles, commerciales ou institutionnelles, consomment massivement de l'énergie et contribuent de manière significative aux émissions de gaz à effet de serre (GES), accentuant ainsi les effets néfastes du changement climatique. Cette interaction est cruciale, car les bâtiments représentent environ 40% des émissions mondiales de GES et sont directement affectés par les phénomènes climatiques extrêmes. Dans cette étude, nous analyserons l'impact des bâtiments sur le climat, en mettant l'accent sur le contexte sénégalais, afin d'identifier les stratégies potentielles pour atténuer cet impact et promouvoir la durabilité et la résilience face aux changements climatiques.

Objectif principal : Analyser l'interaction entre les bâtiments et les changements climatiques, en mettant l'accent sur le contexte sénégalais, afin d'identifier des stratégies efficaces pour atténuer l'impact des bâtiments sur le climat et promouvoir la durabilité et la résilience face aux changements climatiques.

Objectifs spécifiques :

- Évaluer l'empreinte carbone des bâtiments au Sénégal, en examinant les émissions de gaz à effet de serre associées à leur construction, leur utilisation et leur démolition.
- Analyser les tendances climatiques actuelles et prévues au Sénégal, ainsi que leur impact sur la durabilité et la résilience des bâtiments.
- Examiner les politiques et réglementations actuelles concernant la construction et la gestion des bâtiments au Sénégal, en identifiant les lacunes et les opportunités d'amélioration pour promouvoir la durabilité.
- Proposer des stratégies d'adaptation et d'atténuation spécifiques pour réduire l'impact des bâtiments sur le climat, telles que l'amélioration de l'efficacité énergétique, l'intégration des énergies renouvelables et l'adoption de pratiques de construction durables.
- Formuler des recommandations politiques et pratiques pour encourager la mise en œuvre de mesures visant à promouvoir la durabilité des bâtiments et la résilience face aux changements climatiques au Sénégal.

La méthodologie utilisée pour cette étude a inclus les étapes suivantes :

- **Collecte de données** : rassembler des données sur les émissions de gaz à effet de serre des bâtiments au Sénégal, les tendances climatiques actuelles et prévues, les politiques et réglementations en vigueur, ainsi que les pratiques de construction et de gestion des bâtiments.
- **Analyse quantitative** : utiliser des outils et des modèles pour évaluer l'empreinte carbone des bâtiments, en tenant compte de leur cycle de vie complet, de la consommation d'énergie, des matériaux de construction utilisés et des modes de transport associés.
- **Analyse qualitative** : examiner en profondeur les politiques et réglementations existantes, ainsi que les pratiques de construction et de gestion des bâtiments au Sénégal, à travers des entretiens avec des experts du domaine et des analyses documentaires.
- **Élaboration de scénarios** : développer des scénarios climatiques futurs basés sur les projections actuelles, afin d'anticiper les défis potentiels auxquels les bâtiments pourraient être confrontés et de formuler des recommandations appropriées.
- **Évaluation des stratégies d'adaptation et d'atténuation** : évaluer l'efficacité et la faisabilité des différentes stratégies proposées pour réduire l'impact des bâtiments sur le climat, en tenant compte des aspects techniques, économiques, sociaux et environnementaux.
- **Formulation de recommandations** : basée sur les résultats de l'analyse, élaborer des recommandations politiques et pratiques spécifiques pour promouvoir la durabilité des bâtiments et la résilience face aux changements climatiques au Sénégal.
- **Révision par les pairs** : soumettre l'étude à un processus de révision par les pairs pour garantir la qualité et la crédibilité des résultats obtenus.
- **Communication des résultats** : diffuser les résultats de l'étude sous forme de rapports, d'articles scientifiques et de présentations afin d'informer les décideurs, les praticiens et le grand public sur les enjeux liés à l'impact des bâtiments sur le climat et les moyens d'y faire face.

Quelques résultats concernant l'impact des bâtiments sur les changements climatiques au Sénégal :

- Les bâtiments sénégalais sont confrontés à des défis majeurs en raison des changements climatiques, notamment l'élévation du niveau de la mer menaçant les zones côtières, l'augmentation des températures exacerbant les besoins en climatisation, et les précipitations irrégulières entraînant des inondations dans certaines régions.
- Les émissions de gaz à effet de serre (GES) générées par les bâtiments au Sénégal sont principalement dues à la consommation d'énergie pour le chauffage, la climatisation, l'éclairage et les appareils électriques, ainsi qu'aux émissions indirectes associées à la fabrication des matériaux de construction et au transport.
- L'analyse des données sur l'empreinte carbone des bâtiments au Sénégal révèle une dépendance significative aux combustibles fossiles, conduisant à des émissions élevées de CO₂. De plus, les pratiques de construction traditionnelles et les matériaux de construction non durables contribuent également à cette empreinte carbone élevée.
- Pour faire face à ces défis, des stratégies d'adaptation doivent être mises en œuvre pour rendre les bâtiments plus résilients aux changements climatiques. Cela inclut l'utilisation de matériaux de construction résistants aux intempéries, la conception de bâtiments à faible empreinte carbone et à haute efficacité énergétique, ainsi que l'intégration de solutions d'urbanisme durable pour minimiser les risques d'inondation et d'érosion côtière.
- Des mesures d'amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments sont également nécessaires pour réduire les émissions de GES et promouvoir la durabilité environnementale. Cela comprend l'installation d'isolants thermiques, l'utilisation d'équipements plus efficaces, et la transition vers des sources d'énergie renouvelable.

Ces résultats mettent en évidence l'urgence d'agir pour rendre les bâtiments sénégalais plus durables et résilients face aux défis climatiques.

En conclusion, cette étude met en évidence l'urgence d'agir face aux défis posés par le changement climatique dans le secteur du bâtiment au Sénégal. Les données montrent que les tendances climatiques actuelles et prévues auront un impact significatif sur les bâtiments et les infrastructures. Pour relever ces défis, il est impératif d'adopter des stratégies d'adaptation et d'atténuation, ainsi que de promouvoir des pratiques de construction durables et économes en énergie. L'intégration des énergies renouvelables, le renforcement du cadre législatif et des politiques publiques, ainsi que la sensibilisation et la formation des acteurs concernés, sont essentiels pour garantir un avenir durable et résilient pour le secteur du bâtiment au Sénégal.



Forum sur les Matériaux Innovants et de la Construction Durable en Afrique de l'Ouest

Conception d'une ligne industrielle de production de ciment écologique à base de pouzzolane de déchets agricoles

Boris GANMAVO, Valéry K. DOKO

Laboratoire d'Energétique et de Mécanique Appliquée, Université d'Abomey-Calavi

Email: borisganmavo@gmail.com



INTRODUCTION

Les travaux réalisés par les chercheurs ont montré que les ciments écologiques constituent de très bonnes alternatives au ciment portland. Des études plus spécifiques au contexte africain ont permis de démontrer qu'il est aussi possible de concevoir ces ciments en intégrant des cendres de déchets agricoles et d'obtenir des matériaux de très bonnes résistances comparativement au ciment portland. Cependant, le ciment portland demeure quasiment imbattable sur le marché à cause de son rapport performance/prix très intéressant. La production à grande échelle de ciments écologiques nécessite donc une maîtrise parfaite de la production des ingrédients de base : le traitement thermique des argiles et la calcination des déchets agricoles.

MÉTHODOLOGIE

La méthodologie adoptée consiste à :

- ❑ Définir les contraintes de production des cendres (vitesses, temps, types de combustibles, température limites)
- ❑ Etudier la granulométrie des matières premières
- ❑ Concevoir le circuit de production (conception architecturale, mécanique et énergétique)
- ❑ Rechercher les déchets agricoles éligibles (pouzzolanes)
- ❑ Produire et caractériser le métakaolin
- ❑ Formuler les différents mélanges
- ❑ Caractériser chaque ciment (physique, mécanique et thermique)
- ❑ Proposer les différents paquetages et emballages
- ❑ Evaluer les coûts de production et de vente

OBJECTIFS

Objectif général:

contribuer à la transition économique et écologique des pays à travers des constructions à faible bilan carbone comparativement aux constructions classiques en matériaux cimentaires

Objectifs spécifiques:

- ❖ Proposer une ligne de production de cendre de déchets agricole et de traitement de matières argileuses
- ❖ Concevoir différents types ciments économiques et respectueux de l'environnement avec de bonnes performances mécaniques
- ❖ Etudier un système de paquetage et d'emballage des différents types de ciments proposés

RÉSULTATS

- ❖ Circuit de production conçue et réalisée
- ❖ Les différents ciments écologiques à cendre de déchets agricoles proposés



CONCLUSION

La production de ciments écologiques constitue un moyen de valorisation de déchets agricoles et une base de développement économique et écologique en Afrique



Forum sur les Matériaux Innovants et de la
Construction Durable en Afrique de l'Ouest

ADAPTABILITE ET AVANTAGES DE LA MISE EN OEUVRE DES CIMENTS ECO-EFFICACES DANS L'INDUSTRIE LOCALE SENEGALAISE



Maodo Malick NGOM

¹ Doctorant, Ingénieur des mines

Email: maomalick28@gmail.com

PRESENTATION : Je suis Géologue des mines aux Ciments du Sahel S.A. Porté par mes travaux antérieurs et mon amour pour les Sciences, je suis parallèlement doctorant en Sciences et Génie des matériaux au niveau de la faculté des Sciences et Techniques (FST/UCAD) où j'effectue mes travaux avec l'appui de laboratoires partenaires.

INTRODUCTION

Les cimenteries sont responsables d'environ 8% des émissions mondiales de CO₂ et sont en tête du classement des industries les plus polluantes. Actuellement des voies des moyens visant à réduire les émissions émanant des cimenteries sont explorées et celles-ci font suite au protocole de Kyoto.

Cette étude constitue une contribution par rapport à cela en traitant de la synthèse de ciments éco-efficaces (ici bélitiques) à partir de matériaux 100% locaux.

OBJECTIFS

L'objectif principal est de synthétiser des ciments dont le procédé de fabrication permet de minimiser les émissions de CO₂ en partant :

- de la réduction de la teneur en CaO dans les mélanges (LSF faible) ;
- de la réduction de la température de Cuisson (1000°C ou 1100°C).

MÉTHODOLOGIE

Utilisation des méthodes FRX (fluorescence X), DRX (Diffraction des rayons X) et MEB (Microscope électronique à balayage) en vue de caractériser et comparer les différents ciments obtenus.

Ceux-ci ayant été synthétisés à partir de mélanges de chimies variables et à des températures et des conditions variables.

RÉSULTATS ET CONCLUSION

Les travaux préliminaires ont permis d'une part de valider l'efficacité du minéralisateur utilisé ainsi que le dosage appliqué.

Les pertes au feu notées à la suite des cuissons sont en parfaite corrélation avec les variations chimiques des différents mélanges et les modalités de cuisson.

Les imageries MEB ont permis de confirmer les attentes liées à la minéralogie des clinkers synthétisés et notamment l'influence de la chimie.

Ces résultats ont montré la pleine possibilité de réaliser la synthèse de ces ciments au Sénégal à partir des matériaux locaux et de réduire considérablement les émanations de CO₂ dans nos cimenteries.

Fabrication d'un liant hydraulique par activation alcaline avec incorporation de phosphogypse



Forum sur les Matériaux Innovants et de la Construction Durable en Afrique de l'Ouest



Ndeye Coumba Bousso¹, Alpha Ousmane Toure¹, Ndeye Awa Sene¹, Dame Keinde¹, Ndeye Maguette Fall¹, Falilou Mbacke Sambe¹, Vincent Sambou¹

¹ Laboratoire Eau, Energie, Environnement et Procédés Industriels – Ecole Supérieure Polytechnique – Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal

Email: alphaousmane.toure@esp.sn

INTRODUCTION

La co-valorisation du phosphogypse et des cendres volantes constitue un intérêt écologique et une opportunité dans le domaine des matériaux de construction. En effet, la production d'une tonne d'acide phosphorique génère 4 tonnes de phosphogypse. Au Sénégal, 3% de la production annuelle sont valorisés par les cimenteries et toute la quantité restante est stockée en terril. Il est donc nécessaire de trouver une solution durable pour valoriser le phosphogypse en plus grande quantité dans le domaine des matériaux de construction qui semble plus prometteur.

OBJECTIFS

L'objectif général est de valoriser le phosphogypse en plus grande quantité dans la fabrication d'un matériau bas-carbone.

Les objectifs spécifiques sont les suivants:

- Utiliser directement le phosphogypse sans aucun traitement préalable,
- Obtenir un matériau ayant une teneur en phosphogypse égale à 30% au minimum,
- Co-valoriser les cendres volantes de charbon par activation alcaline.

MÉTHODOLOGIE

Paramètres invariants

Composition de la poudre sèche: 30%PG-70%CFA

Rapport eau/ciment: E/C=0,5

Paramètres variables

Concentration de la solution d'hydroxyde sodium: 8M, 10M, 14M et 18M

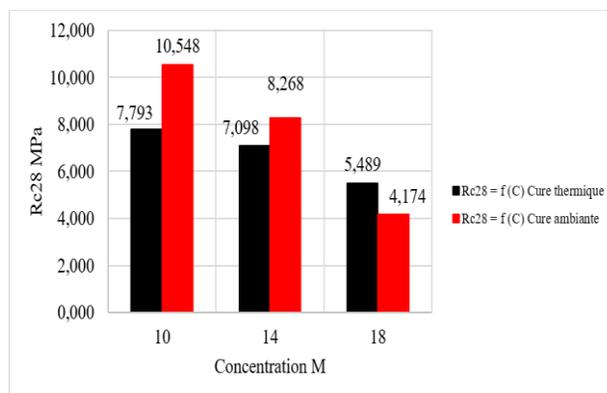
Conditions de cure:

Température ambiante et étuvage à 100 °C

Procédé de fabrication

- Préparation du mélange cru;
- Préparation de la pâte;
- Préparation des éprouvettes de liant.

RÉSULTATS



Autres caractéristiques du liant formulé avec la concentration et condition de cure optimales (10 M à cure ambiante)		
Mortier NF EN 196-1	Résistance à la compression à 28 jours	
Avec grains de basalte	12,885 MPa	
Avec sable de dune	10,117 MPa	
Essai de consistance et temps de prise NF EN 196-3		
Consistance standard	Début de prise	Fin de prise
0,47	2 heures 23 minutes	18 heures 39 minutes
Conductivité thermique avec la méthode du plan chaud asymétrique fini avec face arrière isolée [36]		
0,48 W.m ⁻¹ .K ⁻¹		
Observations Essai d'immersion dans l'eau des éprouvettes de liant 10 M		
Intacte après 1 jour d'immersion	Intacte après 2 jours d'immersion	Enlèvement de la surface supérieure et cœur du matériau intact et dur après 5 jours d'immersion

CONCLUSION

Résistance mécanique à la compression à l'âge de 28 jours égale à 10,5 MPa

Cure ambiante

Activation avec une solution d'hydroxyde de sodium 10M

Conception de briques non porteuses à la température ambiante et à la pression atmosphérique

Des déchets industriels à l'architecture

Maçonnerie de Bloc de latérite taillée (BLT) : Techniques d'extraction, de pose et dégradations

Abdou LAWANE 1', Anne PANTET 2'

¹ 2iE, Laboratoire Eco-Matériaux et Habitat Durable
(LEMHaD), 01 BP594 Ouagadougou, Burkina Faso.

² Université du Havre, Laboratoire Ondes et Milieux
Complexes (LOMC), UMR 6294 CNRS, -BP 4006 - 76610

Email: abdou.lawane@2ie-edu.org

INTRODUCTION

- ❑ La maçonnerie de BLT est présente sur toute la ceinture tropicale du globe où la latérite est disponible. Au Burkina Faso, malgré l'intérêt suscité par les politiques pour sa valorisation, son expansion est freinée par l'absence de cadre normatif et scientifique;
- ❑ Les problèmes majeurs sont les techniques d'extraction, le manque de critères standardisés pour évaluer ses performances mécaniques.

OBJECTIFS

- ❑ Evaluer les performances du matériau en fonction des techniques d'extraction;
- ❑ Répertorier les types de dégradation.

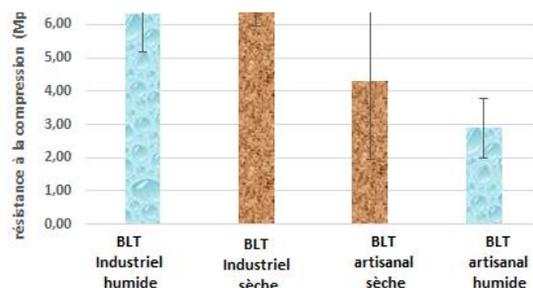
MÉTHODOLOGIE

- ❑ Prélèvement dans deux carrières artisanale et industrielle de Dano;
- ❑ Etude comparative des propriétés mécaniques
- ❑ Enquêtes dans la ville de Dano pour décrire les dégradations de la maçonnerie.



RÉSULTATS

- ❑ Perte 40% de la résistance entre production artisanale et industrielle
- ❑ Chute de résistance due à l'humidité (1 MPa industriel et 1,5 MPa artisanale)



- ❑ Les dégradations observées

	Alvéolation : battance de plus et action de vent
	Désagrégation et alvéolation
	Souillure et Biodégradation
	Détachement des joints dû à l'humidité et au ruissellement
	Fissuration mécanique due au développement des végétaux

CONCLUSION

- ❑ L'exploitation artisanale fragilise les BLT de près de 40% de sa résistance;
- ❑ Dégradations sont dues surtout à l'humidité.



Forum sur les Matériaux Innovants et de la Construction Durable en Afrique de l'Ouest



Yvelines
Le Département



DEFI VN: Développement d'une filière de construction et de formation durables via la voûte nubienne (VN).

Le Département des Yvelines (en France) et les Départements de Kanel, Matam et Podor (au Sénégal) sont maîtres d'ouvrage et partenaires financiers du projet. Ils sont accompagnés par la Maison des Yvelines pour la mise en œuvre, ainsi que par l'Association la Voûte Nubienne (AVN) et l'ONG Le Partenariat (LP) en tant qu'assistance technique.

DEFI-VN, un projet qui offre des solutions durables pour surmonter les défis énergétiques écologiques et économiques posés par l'urbanisation croissante de l'Afrique.

Le projet DEFI VN s'inscrit dans la continuité d'un projet antérieur qui avait permis de mettre en exergue deux obstacles majeurs à surmonter afin de garantir un fonctionnement autonome du marché de la VN:

- son absence de reconnaissance officielle qui ne permet pas d'assurer les constructions VN.
- le manque de main d'œuvre qualifiée en capacité de répondre aux potentielles futures demandes de construction.

Le projet DEFI VN a donc été conçu dans le but de relever ces défis, et se développe autour de deux grands axes.

- 1 Consolidation et dynamisation du marché de construction en VN**, notamment par une reconnaissance juridique de la méthode, ainsi qu'un fort plaidoyer auprès des autorités publiques.
- 2 Institutionnalisation de l'offre de formation de la filière**, notamment par la mise en place d'un cursus de formation professionnelle en alternance dans 3 centres de formation professionnelle.



03/2022
Date de début du projet



Efficacité énergétique des bâtiments
Secteur



Subvention FICOL
Outil de financement



1 600 334 €
Montant total du projet
dont 1 018 996 financés par l'AFD

RESULTATS ATTENDUS:

1/Une autonomie du marché de la construction en VN

2/Une augmentation des commandes en VN

3/Une reconnaissance de la technique VN au niveau national

4/Une formation en maçonnerie VN institutionnalisée et reconnue

5/Une première promotion d'apprentis maçons formés et diplômés.

6/15 chantiers-écoles et 9 chantiers démonstratifs réalisés.



Photo : Hôtel du Département de Matam construit en VN dans le cadre de la coopération décentralisée entre le Département de Matam et le Département des Yvelines.



Forum sur les Matériaux Innovants et de la Construction Durable en Afrique de l'Ouest

La Bibliothèque de Guiré-Yéro-Bocar

Un démonstrateur bioclimatique et de savoir-faire durables

croixmariebourdon architectes associés
ASSEPT Casamance
Varore Entreprise



croixmariebourdon
architectes associés

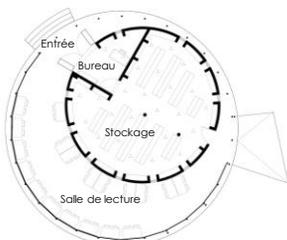
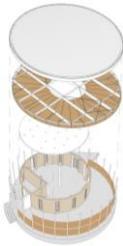
www.croixmariebourdon.fr – agence@croixmariebourdon.fr
Thomas Bourdon - architecte-urbaniste associé - WhatsApp +33 6 64 66 33 77



FICHE TECHNIQUE

Programme : construction d'une bibliothèque/centre de ressources dans un lycée rural
Localisation : Guiré-Yéro-Bocar, Casamance, Sénégal
Surfaces : terrain 8ha / bâtiment 175 m²
Budget : 69 500 000 Francs CFA (travaux + ingénierie) - 31 000 000 Francs CFA (Travaux seuls)
Livraison : 2022

Maîtrise d'ouvrage : ASSEPT – Casamance
Maîtrise d'œuvre : croixmariebourdon architectes associés
Entreprise générale : Entreprise Varore, Kolda/Dakar, Sénégal
Assistance à maîtrise d'ouvrage : Chambre des Métiers de Kolda, CMKO



PRESENTATION

OBJECTIFS
L'enjeu du programme est d'édifier un bâtiment ne nécessitant, ni climatisation, ni entretien ultérieur, tout en valorisant au maximum des ressources et des savoir-faire locaux.
C'est l'opportunité pour les architectes de concevoir un prototype d'équipement facilement reproductible et adaptable à des territoires, des enjeux et des programmes différents.
Par son implantation dans le site, l'édifice a vocation à accompagner le développement urbain/foncier/paysager local.

RÉSULTATS
Une nouvelle ombre portée
Le lycée forme une cour rectangulaire délimitée par des édifices abritant les classes.
Par sa forme et son organisation, la nouvelle construction crée une polarité du savoir qui rappelle aussi bien la case ronde traditionnelle Peule que l'espace ombragé autour du tronc du manguiers.

De forme circulaire, le bâtiment est composé d'un volume plein, abritant les livres, et d'une périphérie ouverte sur l'extérieur accueillant les espaces de lecture pour les élèves, seuls ou en groupe

Etudier au frais
La Casamance se caractérise par un climat tropical de savane à hiver sec. En dehors de la saison d'hivernage marquée par des pluies abondantes, et où le lycée est principalement fermé, l'enseignement se déroule en périodes sèches et chaudes (40°C).
Les bâtiments scolaires existants emmagasinent la chaleur et sont inutilisables l'après-midi.

Ils sont alors délaissés pour l'ombrage des arbres ou des classes provisoires en krintin.
La conception du bâtiment met en œuvre une approche bioclimatique qui permet de créer un espace naturellement ventilé et frais, où travailler agréablement.

La couverture et les parois de krintin forment un espace surélevé et ventilé à l'abri de la poussière et du soleil. Le plafond de bambou, outre son rôle acoustique, permet de supprimer le rayonnement chaud de la couverture acier.
Le volume de stockage, réalisé en terre crue, profite d'une grande isolation et d'une forte inertie qui valorisent le rafraîchissement nocturne. Un système de ventilation naturelle permet d'assurer un courant d'air agréable entre les persiennes mobiles en façade et des cheminées thermiques triangulaires ménagées en plafond.

Identifier et valoriser des savoir-faire locaux
L'objectif est d'édifier un bâtiment sans entretien ultérieur, en valorisant au maximum les ressources et les savoir-faire locaux.

Le volume de stockage est bâti en briques de terre crue compressée (BTC). Une filière locale a été créée par l'entreprise Varore, accompagnée par la CMKO, pour former et faire connaître un procédé accessible et peu coûteux (ressource locale, sans machine).
Le krintin (bambou tressé) utilisé pour les clôtures et constructions provisoires, est ici mis en valeur dans la réalisation des parois modulables de la bibliothèque et d'un plafond suspendu sur mesure.

La charpente/couverture métallique assure, dans un contexte de pénurie de bois de construction, un couvert pérenne et sans entretien.
Les serrureries sur mesure ont permis de valoriser les savoir-faire locaux. Des portes formant bibliothèques invitent à la lecture par leur débâtement vers l'extérieur.

La construction offre de nouveaux débouchés aux savoir-faire existants.

CONCLUSION

Les bâtiments scolaires sont répartis sur tout le territoire, dans tous les pays. Le prototype de Guiré-Yéro-Bocar présente une répliquabilité à fort potentiel :

Renfort des pôles éducatifs par la mise à disposition de bâtiments sans entretien, fonctionnels, et utilisables en toute saison

Constitution d'îlots de fraîcheur permettant aux populations de se mettre à l'abri en cas de forte chaleur.

Démonstrateur bioclimatique : valoriser et diffuser des méthodes de construction durables, sans charges de fonctionnement.

Démonstrateur de savoir-faire : par le biais d'une nouvelle architecture vernaculaire et innovante, mettre en avant des modes de construction utilisant les ressources locales, capables de développer l'emploi dans de nouvelles filières.



Voir le film Lire le dossier

EFFETS DE CERTAINS ADJUVANTS ORGANIQUES SUR LES PROPRIETES D'UN ECO MATERIAU A BASE DE TERRE

Bio Chéissou KOTO TAMOU¹, Crespin Prudence YABI¹, Gildas GODOU², Mohamed GIBIGAYE², Edmond C. ADJOVI¹

¹Laboratoire d'Etudes et d'Essais en Génie Civil/Ecole Nationale Supérieure des Travaux

Publics, Abomey.

²Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi (EPAC), Bénin.

Email: yabi.crespin@unstim.bj

EFFETS DE CERTAINS ADJUVANTS ORGANIQUES SUR LES PROPRIETES D'UN ECO MATERIAU A BASE DE TERRE

INTRODUCTION

Le secteur de la construction fait appel à des matériaux élaborés ou modernes (ciment, sable, fer...) et dont la production génère un fort impact environnemental (raréfaction des ressources, fort taux d'émission de gaz à effet de serre, etc.).

Une alternative à ces dits matériaux serait les matériaux locaux (ressource locale disponible en abondance et renouvelable) pouvant permettre sous certaines conditions la construction de logements répondants aux exigences d'économie, de sécurité et de confort de l'habitat.

Afin de pallier aux défauts intrinsèques (perte des caractéristiques géométriques, Faible résistance mécanique) de certains matériaux locaux (notamment la terre crue), une stabilisation s'avère nécessaire.

La décoction de néré et l'eau résiduelle issue de la fabrication du beurre de karité employées dans les pratiques endogènes de construction au Nord du Bénin pourraient être utilisées comme adjuvant organique pour la stabilisation naturelle du matériau terre crue. Il convient donc d'en vérifier les caractéristiques physiques et chimiques.

Objectif général :

Etudier l'influence des adjuvants organiques sur les propriétés physiques, mécanique et de durabilité d'un géomatériau.

Objectifs spécifiques :

- Caractériser physiquement le sol argileux en étude (terre crue d'Abomey) ;
- Caractériser physiquement et chimiquement les adjuvants organiques (décoction des noix de néré et l'eau résiduelle issue de la fabrication du beurre de karité) ;
- Caractériser physiquement et mécaniquement le mélange sol argileux et adjuvants organiques dosés à différents taux (0, 25, 50, 75 et 100%) ;
- Etudier la durabilité du matériau.

MÉTHODOLOGIE

- Obtention des adjuvants (décoction de néré eau résiduelle issue de la fabrication du beurre de karité)



Photo 1 : Graines portées à ébullition



Photo 2 : Fabrication du beurre de karité et extraction de l'eau résiduelle

- Fabrication des éprouvettes (10x10x2 et 4x4x16)



Photo 3 : Mesure de la consistance



Photo 4 : Epreuve 10x10x2



Photo 5 : Epreuve 4x4x16

- Mesure de la variation dimensionnelle pour différents taux d'adjuvants;
- Réalisation des essais de compression et de flexion 3 points pour différents taux d'adjuvants;
- Réalisation de l'essai goutte à goutte et détermination du taux d'absorption



Schéma 1 : Dispositif Essai goutte à goutte



Photo 6 : Essai goutte à goutte



Photo 7 : Absorption partielle



Photo 8 : Absorption totale

RÉSULTATS

Les décoctions issues de la transformation artisanale de la noix du *parkia biglobosa* en moutarde africaine et du *vitellaria paradoxa* en beurre de karité ont été ajoutées à la terre crue provenant d'Abomey (Bénin) suivant des proportions volumiques de 25, 50, 75 et 100% pour obtenir différents composites. Les graphiques ci-dessous illustrent les résultats obtenus :

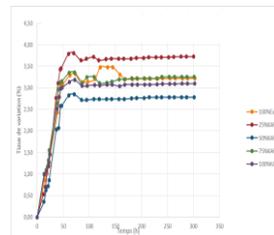


Figure 1 : Taux de variation dimensionnelle de la Terre de barre + Karité en fonction du temps.

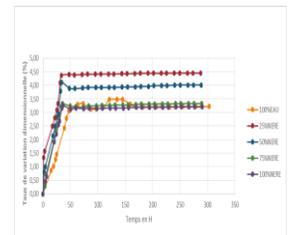


Figure 2 : Taux de variation dimensionnelle de la Terre de barre + Néré en fonction du temps.

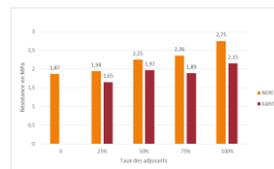


Figure 3 : Résistance en compression sur la terre de barre pour différents dosages de Néré et de karité

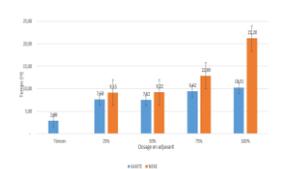


Figure 4 : Temps de résistance à la pénétration pour différents taux de stabilisants organiques.

CONCLUSION

Les résultats obtenus des essais ont révélé que les décoctions de karité et de néré améliorent la résistance en compression respectivement d'environ 10% et 30% pour un dosage de 100% d'adjuvant. Aussi, les résultats ont-ils révélé que la résistance à la pénétration à l'eau des composites a été améliorée respectivement de trois fois et sept fois pour les décoctions de karité et de néré avec un dosage de 100% d'adjuvants. Cette étude a montré qu'il est possible d'utiliser les décoctions comme stabilisants de la terre crue pour construire des bâtiments modernes, écologiques et à moindre coût énergétique.

Elaboration et étude thermo physique des plaques de plâtres biosourcées destinées à l'isolation thermique dans le bâtiment



Forum sur les Matériaux Innovants et de la Construction Durable en Afrique de l'Ouest

Alphousseyni Ghabo¹, El hadji Dieng², Seckou Bodian²

¹Laboratoire des semi-conducteurs et d'énergies solaires, département de physique, UCAD/ Sénégal

²Laboratoire Eau, Energie, Environnement et Procédés Industrielles (LE3PI), ESP-Sénégal

Email: alphousseynighabo@gmail.com



Introduction

Le secteur du bâtiment est l'un des secteurs responsables des fortes émissions de gaz polluants et de la consommation mondiale d'énergie. Cela est dû à l'enveloppe des bâtiments qui sont, en générale construits de bétons de ciment. Le processus de fabrication du ciment dans des fours de très haute température contribue au rejet de grandes quantités de gaz carbonique dans l'atmosphère. De plus, dans ces logements, les occupants utilisent souvent des systèmes de ventilation ou de climatisation, qui sont très énergivores, pour subvenir à leurs besoins de confort thermique. L'atténuation de ces effets négatifs doit passer par la construction durable avec la mise sur pied des matériaux de construction innovants et écologiques pouvant constituer une alternative aux bétons classique. Ainsi, de nombreux travaux de recherche ont été faits dans le but de développer et de déterminer les propriétés hygroscopiques, thermo physiques, mécaniques et parfois acoustiques des bétons biosourcés à base des fibres végétales. L'avantage de l'utilisation des fibres végétales dans les bétons biosourcés est dû au fait qu'elles sont disponibles, biodégradables et présentent de grande capacité d'isolation thermique et acoustique mais aussi de stockage de carbone. Ce travail propose l'utilisation des fibres de sida stipulata dans la fabrication et la caractérisation des plaques de plâtre.

Objectif général

Contribuer à la construction durable à travers l'utilisation des matériaux à faible impact environnemental et énergétique

Objectifs spécifiques

- Valorisation des fibres de la plante de sida stipulata dans la construction d'habitats
- Elaboration du composite biosourcé plâtre-fibres de sida stipulata
- Evaluation des propriétés physiques et thermiques des plaques de plâtre

Matériaux



Fibres de Stipulata



Plaques de plâtre

Méthodes

1-Masse volumique apparente:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

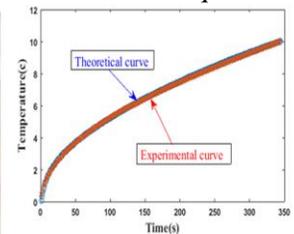
m : Masse du béton

V : Volume du béton



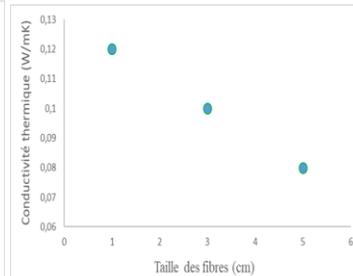
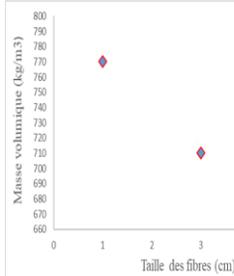
Dispositif et courbes de simulation

2- Conductivité thermique



Résultats

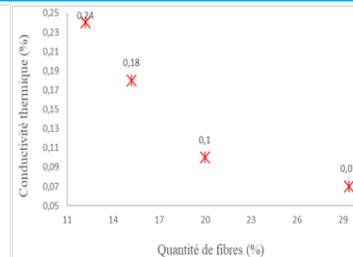
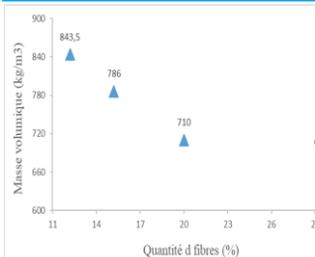
1-Diminution de la masse volumique et la conductivité thermique des plaques de formulation F250 en fonction de la longueur des fibres



Masse volumique en fonction de la longueur des fibres

Conductivité thermique en fonction de la longueur des fibres

2- Diminution de la masse volumique et de la conductivité thermique en fonction de la teneur en fibres pour différentes formulations



Masse volumique en fonction de la teneur en fibres

Conductivité thermique en fonction de la teneur en fibres

Conclusion

Les résultats de mesures de la masse volumique et de la conductivité thermique montrent que l'incorporation des fibres de stipulata dans les plaques de plâtre conduit à l'allègement et à l'amélioration de leur capacité de l'isolation thermique. Ces plaques peuvent donc être intégrées dans la construction de logements à faible impact environnemental et énergétique.

Cosse de néré : une alternative durable au ciment au Togo ?

TOSSIM Magnouréwa Josiane¹, AHOLOU Coffi¹,
AYITE Dany², BANAKENAO Sinko²

¹ Centre d'Excellence sur les Villes Durables en Afrique
(CERViDA-DOUNEDON) /UL

² Ecole Polytechnique de Lomé (EPL)/UL

Email: magnourewa.tossim@cervida-togo.org

Architecte, diplômée de l'EAMAU, je suis actuellement doctorante en habitat et construction durable au CERViDA-DOUNEDON. Passionnée par la recherche, la transmission du savoir, le traditionnel, un monde durable, je vise à offrir mes compétences en tant que chercheuse. Mon objectif est de contribuer à la recherche scientifique et la formation de professionnels hautement qualifiés à travers la promotion des matériaux de construction locaux et durables pour répondre aux exigences présentes et futures des villes africaines

1. INTRODUCTION

L'urbanisation galopante et les infrastructures grandissantes menacent l'environnement. Au Togo comme ailleurs, le ciment, pierre angulaire de la mondialisation, a supplanté aux abris traditionnels par des constructions modernes, au détriment de l'environnement. Quelles peuvent être les raisons qui expliquerait cette préférence pour le ciment?

Au Togo, beaucoup de chercheurs ont accordé une attention particulière aux sous-produits agricoles comme les balles de riz (AYITE, 2011), la cosse de néré (Sorgho et al., 2014).

L'utilisation des tannins de la cosse de néré (Parkia-Biglobosa) comme liant pourrait améliorer les performances mécaniques des ouvrages en terre?

Objectif principal : contribuer à l'amélioration du cadre de vie des citoyens à travers les constructions durables.

Objectifs secondaires:

1. Déterminer les facteurs influençant le choix du ciment dans les constructions togolaises
2. Evaluer l'impact du ciment et des hausses de température sur le confort thermique des habitants
3. Analyser les performances mécaniques du matériau terre-cosse.

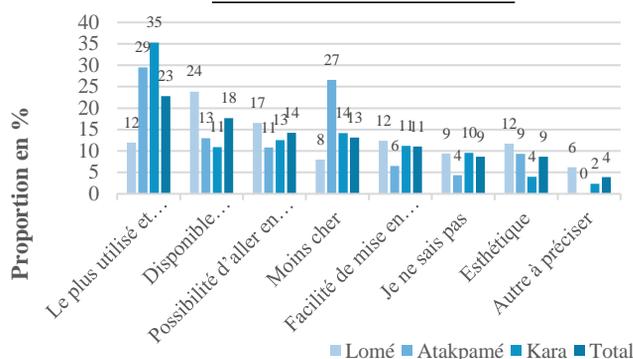
2. METHODOLOGIE: Mixte

Zone d'étude: les villes du Togo

- Recherches documentaires, observation, photographie et entretiens (25)
- Enquêtes ménages (641) à l'aide d'un questionnaire numérique: Lomé, Atakpamé et Kara
- Classification des sols, de la cosse de néré et essais de compression. Les matériels utilisés sont: étuve de dessiccation, balances, bacs en matériau non altérable à l'humidité et à la chaleur, série de tamis AFNOR,...

3. RESULTATS

Raisons du choix du ciment



Essais du matériau

Sol	Classification LCPC	Classification AASTHO	Classification GTR
Echantillon 1: Soumdina	B4	A2-6	B4
Echantillon 2: Tcharé	D2	A1	-
Echantillon 3: Tsévié	B4	A2-6	B4

4. CONCLUSION

Le ciment est omniprésent et privilégié pour sa commodité, sa résistance structurelle, son et son aspect esthétique. Cependant, son impact sur le confort thermique et l'environnement fait l'objet de critique notamment en raison de ses émissions de gaz à effet de serre.

La terre et la cosse de néré présentent les caractéristiques favorables pour y remédier une fois composé judicieusement.

Introduction

Objectifs

Le secteur du bâtiment est l'un des secteurs les plus énergivores. En Afrique de l'ouest, le secteur du bâtiment représente 25-30% de la consommation totale d'électricité et 49% de l'émission de dioxyde de carbone [1]. Il est donc primordial de réduire la consommation d'énergie du secteur du bâtiment et par conséquent participer à la protection de l'environnement. Le Sésame est une plante saisonnière cultivé partout dans le monde tropical et intertropicale. Le Sénégal reste un important producteur de sésame en Afrique de l'Ouest avec plus de 34.116 tonnes de graines en 2021 [2], contre 24304 tonnes en 2019. Cette augmentation de production ne cesse depuis l'entrée du produit par la jeunesse casamançaise en 1980. La biomasse de la plante est estimée à 424210,5 tonnes en 2022

L'objectif principale de ce travail est de voir l'impact de l'ajout des adjuvants (plastifiant et accélérateur de prise) sur les bétons ciment-sésame en faisant la caractérisation thermique et mécanique de la formulation F200

Méthodologies

Trois échantillons F200 témoins pour la caractérisation mécanique et trois autres pour la caractérisation thermique des bétons ont été formulés. L'accélérateur de prise et un plastifiant ont été utilisés comme adjuvants dans la même formulation les figures 1 et 2 présentent les méthodes de préparation et de caractérisation des échantillons



Figure 1: réparation des échantillons



Figure 1: méthodes de caractérisation thermique et mécanique des échantillons

Résultats

Les résultats mécaniques de la résistance à la compression simple et les résultats thermiques (conductivité et effusivité) sont présentés dans les figures 3, 4 et 5 respectivement

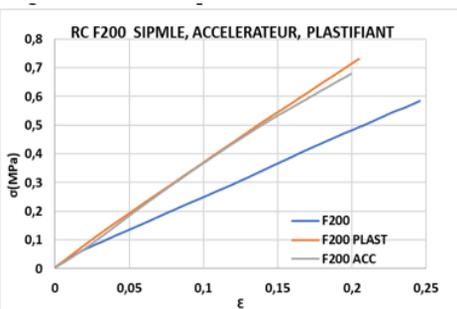


Figure 2 : Résistance à la compression en fonction du déplacement

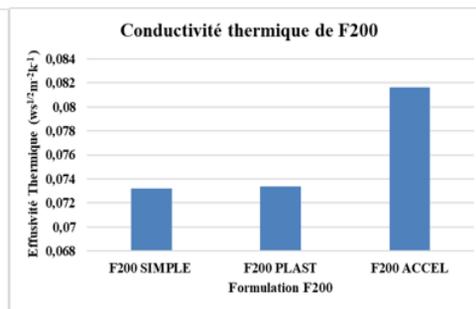


Figure 3 : conductivité thermique

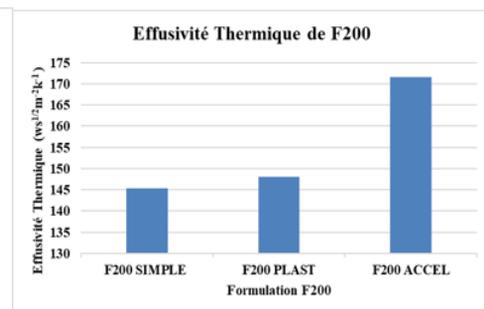


Figure 4 : Effusivité thermique

Conclusion et références

L'ajout du plastifiant et de l'accélérateur de prise sur la formulation F200 a provoqué une augmentation très significative de la résistance à compression. Le plastifiant n'a pas d'impact sur les propriétés thermiques, contrairement à l'accélérateur de prise qui a augmenté la conductivité et l'effusivité thermique des échantillons.

[1]The 2022 Global Status Report for Buildings and Construction,» Global Alliance for Buildings and Construction, 2022.

[2] RAPPORT ENDSS 2022

**Unité Pour la Maitrise De L'Énergie du Centre Sectoriel de Formation Professionnelle aux
Métiers du Bâtiment et des Travaux Publics de Diamniadio**

INTRODUCTION:

Les principaux matériaux utilisés dans la construction des bâtiments restent le béton, l'acier et l'aluminium. La fabrication de ces matériaux entraîne une forte consommation de ressources non renouvelables et d'énergies fossiles. L'utilisation de matériaux naturels disponibles localement permettrait donc de réduire l'impact de ce secteur sur l'environnement. Il serait donc intéressant de valoriser l'argile gonflante, présente sur le pôle urbain de Diamniadio, en matériaux utilisables dans la construction des bâtiments.

OBJECTIFS:

➤ **Objectif général :**

L'objectif général de ce projet est de valoriser l'argile gonflante de Diamniadio dans la construction de bâtiments.

➤ **Objectifs spécifiques :**

- ☒ Proposer des formulations
- ☒ Construire un Mur en Pisé à base de l'Argile gonflante de Diamniadio
- ☒ Évaluer les performances Mécanique de ce mur

MÉTHODOLOGIE:



EXCAVATION

MELANGE

**COFFRAGE &
COMPACTAGE**

RÉSULTATS:



DECOFFRAGE



MUR EN PISE: Le muret est isolé des remontées capillaires du sol et des eaux de rejaillissement et son arase protégée des intempéries

CONCLUSION:

- ❖ la réalisation de ce muret d'essai nous a permis de mettre au point les paramètres de production (teneur en eau, hauteur des lits, mode de compactage).
 - ❖ la mise en place de contrôles en cours de construction permet aussi de garantir la constance des caractéristiques de l'argile gonflante de Diamniadio en pisé sur l'ensemble de l'ouvrage.
- En définitive, les résultats de cette étude montrent que l'argile gonflant de Diamniadio peut être valoriser dans la construction notamment la construction en pisé.



Forum sur les Matériaux Innovants et de la Construction Durable en Afrique de l'Ouest

PHARD

Consortium: Architecture & Développement,
CSFP-BTP, COOPIMMO, GEFCOTRANS,
Filtre Plante, YCF



Promotion d'un habitat
abordable, résilient et durable

Email: contact-phard@archidev.org

UN HABITAT ABORDABLE, RÉILIENT ET DURABLE

« Une offre abordable de logements décents, sains et confortables, dans un environnement urbain résilient, pour une tranche de la population exclue du marché formel du logement social, adossée aux politiques publiques et à l'agenda environnemental du Sénégal »



Le contexte:

PHARD (Promotion de l'Habitat Abordable, Résilient et Durable) est un programme de logement abordable bas carbone porté par **Architecture & Développement**, qui vise à :

1. Elaborer une offre immobilière accessible pour les ménages solvables non éligibles au logement social classique, avec des montages innovants d'ingénierie institutionnelle et financière.
2. Concevoir un habitat économique bas carbone, adapté à une transition urbaine résiliente et soutenable, dans une économie circulaire.
3. Structurer une offre crédible et compétitive sur le marché, avec une opération modèle à fort effet de levier, préfigurant une filière d'écoconstruction d'habitat social.

Avec ses **2 projets démonstrateurs**, PHARD contribue à lever les blocages technico-financiers et à produire un habitat abordable performant dans un cadre de vie amélioré, avec des outils spécifiques d'accompagnement dans les phases de montage, de programmation, conception et de réalisation.



Maîtriser l'ensemble de la chaîne de valeur promotion - construction en limitant les intermédiaires



Adapter et ajuster le projet à la demande sociale dans un scénario évolutif et flexible.



Optimiser le coût global de construction avec une R&D innovante



Accéder aux avantages du Projet 100.000 logements pour les coopératives d'habitants



Incuber une filière d'écoconstruction, génératrice d'emplois, dans une économie inclusive, verte et circulaire.

Techniques constructives et matériaux

Mise au point de **composants bas carbone** conformes aux normes sénégalaises, à haute performance sociale, économique et environnementale.



Mur de Pierres Confinées (MPC)



Rebus de carrière (silex, latérite)



Gravats de démolition



Blocs d'argile allégé

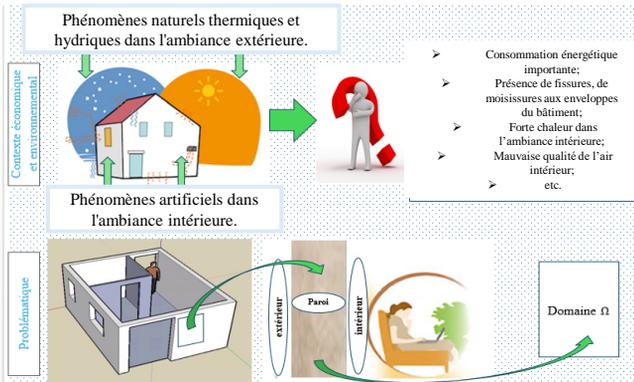


Hourdis argile balle de riz



Enduit argile-chaux

INTRODUCTION



OBJECTIFS

- Maîtriser le comportement thermique et hydrique des matériaux de construction en général, à partir des propriétés thermiques et hydriques et des conditions données ;
- Développer un modèle mathématique des transferts couplés de chaleur et de masse dans les matériaux de construction biosourcés;
- Analyser le comportement hygrothermique d'un matériau en fonction de ses paramètres hygrothermiques et des conditions de sollicitation;
- Participer à la massification de l'usage des matériaux biosourcés.

MÉTHODOLOGIE

1- Modèle mathématique:

$$q = \lambda \cdot \nabla T + p \cdot L_v \cdot \delta_p \cdot \nabla(H \cdot P_{sat}) \quad (1)$$

$$g = \xi \cdot D_w \nabla H + \delta_p \cdot \nabla(H \cdot P_{sat}) \quad (2)$$

$$(\rho C_p) \frac{\partial T}{\partial t} + \nabla \cdot (p \cdot q) = Q \quad (3)$$

$$\xi \frac{\partial H}{\partial t} + \nabla \cdot g = G \quad (4)$$

Hypothèses simplificatrices:
 $Q=0$ et $G=0$;
 P_{sat} est constante;
 $\lambda, D_w, \rho, C_p, \delta_p, p, L_v$ et ξ sont des constantes.

(1) et (2) dans (3) et (4) \Rightarrow (A) : $\left\{ \begin{array}{l} (\rho C_p) \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda \Delta T + L_v \delta_p \Delta(H \cdot P_{sat}) \\ \frac{\partial H}{\partial t} = D_w \Delta H + \delta_p \Delta(H \cdot P_{sat}) \end{array} \right.$

2- Résolution numérique:

Avec Freefem++

Conditions aux bords:
 Sur Γ_1 et Γ_2 :
 $q_n = g_n = 0$
 Sur Γ_3 : $T = 313K$,
 $H = 0.8$,
 Sur Γ_4 : $T = 295K$,
 $H = 0.4$.

Schéma de discrétisation

Formulation variationnelle du système d'EDP:

Multiplication par des fonctions test v et w et intégration sur le domaine spatial et application du théorème de Green:

$$\int_{\Omega} \rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} v dt + \int_{\Omega} \lambda \nabla T \cdot \nabla v dt = \int_{\Omega} Q v dt + \int_{\Gamma_3} T_3 \nabla v \cdot n dt + \int_{\Gamma_4} T_4 \nabla v \cdot n dt \quad (5)$$

$$\int_{\Omega} \xi \frac{\partial H}{\partial t} w dt + \int_{\Omega} D_w \nabla H \cdot \nabla w dt = \int_{\Omega} G w dt + \int_{\Gamma_3} H_3 \nabla w \cdot n dt + \int_{\Gamma_4} H_4 \nabla w \cdot n dt \quad (6)$$

$$\int_{\Omega} \rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} v dt + \int_{\Omega} \lambda \nabla T \cdot \nabla v dt = \int_{\Omega} Q v dt + \int_{\Gamma_3} T_3 \nabla v \cdot n dt + \int_{\Gamma_4} T_4 \nabla v \cdot n dt \quad (7)$$

$$\int_{\Omega} \xi \frac{\partial H}{\partial t} w dt + \int_{\Omega} D_w \nabla H \cdot \nabla w dt = \int_{\Omega} G w dt + \int_{\Gamma_3} H_3 \nabla w \cdot n dt + \int_{\Gamma_4} H_4 \nabla w \cdot n dt \quad (8)$$

Où v est le vecteur normal sortant de la surface et $\Gamma = \bigcup_{i=1}^4 \Gamma_i$ représente la frontière du domaine Ω pour tous $w \in L^2(\Omega)$ et $v \in H^1(\Omega)$, on fait les sommes (5)+(6), et (7)+(8). En utilisant les conditions de Dirichlet sur Γ_3 et Γ_4 .

$$\int_{\Omega} \rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} v dt + \int_{\Omega} \lambda \nabla T \cdot \nabla v dt + \int_{\Gamma_4} T_4 \nabla v \cdot n dt = \int_{\Omega} Q v dt + \int_{\Gamma_3} T_3 \nabla v \cdot n dt + \int_{\Gamma_4} T_4 \nabla v \cdot n dt \quad (9)$$

$$\int_{\Omega} \xi \frac{\partial H}{\partial t} w dt + \int_{\Omega} D_w \nabla H \cdot \nabla w dt + \int_{\Gamma_4} H_4 \nabla w \cdot n dt = \int_{\Omega} G w dt + \int_{\Gamma_3} H_3 \nabla w \cdot n dt + \int_{\Gamma_4} H_4 \nabla w \cdot n dt \quad (10)$$

Wh := $\{P \in L^2(\Omega) | P$ est polynomiale de degré ≤ 1 sur chaque élément $O \in th\}$, Vh := $\{u \in H^1(\Omega) | u$ est polynomiale de degré ≤ 1 sur chaque élément $O \in th\}$

Le premier problème consiste

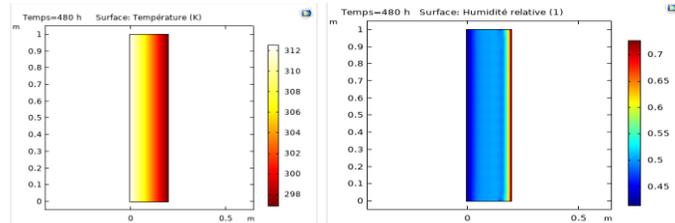
$$\int_{\Omega} \rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} v dt + \int_{\Omega} \lambda \nabla T \cdot \nabla v dt + \int_{\Gamma_4} T_4 \nabla v \cdot n dt = \int_{\Omega} Q v dt + \int_{\Gamma_3} T_3 \nabla v \cdot n dt + \int_{\Gamma_4} T_4 \nabla v \cdot n dt \quad (11)$$

$$\int_{\Omega} \xi \frac{\partial H}{\partial t} w dt + \int_{\Omega} D_w \nabla H \cdot \nabla w dt + \int_{\Gamma_4} H_4 \nabla w \cdot n dt = \int_{\Omega} G w dt + \int_{\Gamma_3} H_3 \nabla w \cdot n dt + \int_{\Gamma_4} H_4 \nabla w \cdot n dt \quad (12)$$

Avec Comsol

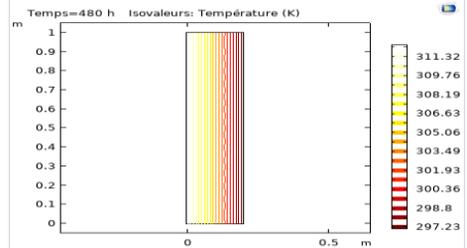
Propriétés hygrothermiques du bois pin, source: Comsol
 $\rho = 600$ en kg/m^3
 $C_p = 850$ en $J/(kg \cdot K)$
 $\lambda = k(HR)$ en $W/(m \cdot K)$
 $D_w = D_w(HR)$ en m^2/s
 $W = W_c(HR)$ en kg
 $\delta p = \delta p(T)$ en s
 $\mu = 8$

RÉSULTATS



Distribution de la température à travers la paroi

Distribution de la température à travers la paroi



Isovaleurs de la température à travers la paroi

Autres résultats escomptés:

- Caractérisation du matériau et comparaison de ses propriétés avec celles obtenues dans Comsol;
- Obtention des données expérimentales et comparaison avec les données de simulation;
 - Validation du modèle;
- Evaluation de l'impact énergétique du bois pin sur la performance énergétique des bâtiments et le confort intérieur à partir d'un modèle numérique développé.

CONCLUSION

- Modélisation mathématique;
- Formulation variationnelle du système d'équations aux dérivées partielles obtenu;
- mise en œuvre du modèle sur le logiciel Comsol (méthode des éléments finis);
- Distribution de la température et de l'humidité relative au sein de la paroi, obtenus par simulation avec le logiciel Comsol.



Forum sur les Matériaux Innovants et de la
Construction Durable en Afrique de l'Ouest

LES ENJEUX DES MATERIAUX LOCAUX FACE AUX REALITES ECONOMIQUES DANS LA PERSPECTIVE DES VILLES DURABLES EN AFRIQUE SUBSAHARIENNE

KPOTCHEME Koffi



Email: aliasroma@yahoo,fr

INTRODUCTION

- En 2035, la population sera plus urbaine que rurale
- Difficulté de quantifier l'offre de logement
- Construction non adaptée au climat et à l'environnement
- Demande sans cesse croissante de logement
- Engagement des gouvernements à offrir des logements aux populations
- Orientation du choix des matériaux de construction
- Disponibilité des matériaux locaux de construction dans nos pays

OBJECTIFS

- Soutenir l'amélioration de la filière de production des matériaux locaux de construction
- Contribuer à fournir les éléments de connaissance essentiels relatifs à la localisation des sites d'approvisionnement
- Encourager la production de la topographie des carrières, des lieux de transformation et des canaux de distribution

MÉTHODOLOGIE

Identification des étapes essentielles de la chaîne de circulation des matières premières

- La prospection
- L'extraction des ressources naturelles
- La production des matériaux
- L'utilisation des matériaux

RESULTATS

- La recommandation relative à la cartographie des sites et de la chaîne de circulation des matières premières est faite
- Les stratégies de renforcement des capacités des acteurs de production de construction sont mises en place
- L'utilisation optimale et efficace des matériaux innovants est assurée

CONCLUSION

- Sensibiliser les décideurs sur l'importance de l'utilisation des matériaux adaptés à notre environnement
- Renforcer la chaîne de production des matériaux locaux
- Intégrer la valorisation des matériaux locaux de construction dans les politiques publiques

Introduction

L'utilisation des matériaux en terre crue permet de réguler naturellement l'humidité et d'améliorer le confort thermique à l'intérieur des habitations. C'est la raison pour laquelle, depuis quelques années, on assiste à un regain d'intérêt pour ces matériaux dits traditionnels, mais surtout pour les blocs de terre compressée (BTC). Cependant, la généralisation de leur utilisation rencontre des obstacles tels que les faibles résistances mécaniques, le retrait, la fissuration et le manque de durabilité des constructions réalisées.

L'incorporation de Typha, qui est une plante envahissante dans les fleuves et lacs du Sénégal, peut participer à un renforcement de la matrice des blocs et une meilleure isolation des bâtiments. L'étude concerne la caractérisation thermomécanique de BTC.

Matériaux, Matériel et méthodes

Les BTC (Fig. 1) sont fabriqués avec une presse manuelle de type Cinva-Ram (Fig. 2), d'une contrainte de compactage de 2 MPa, à partir de latérite de Sindia, de ciment (10 %) et de Typha broyé (0,5 ; 1 et 1,5 %) (Fig. 3). Les essais mécaniques de compression, traction et flexion sont faits avec des presses hydrauliques. La conductivité thermique et l'effusivité thermique sont obtenues avec la méthode du plan chaud asymétrique sur des échantillons découpés à partir des blocs.



Fig. 1. BTC



Fig. 1. Presse manuelle



Fig. 2. Typha broyé

Résultats et discussions

Les résultats montrent que l'incorporation de 1,5 % de Typha fait perdre au BTC plus de 70 % de sa résistance à la compression qui passe de 4,36 MPa sans fibre à 1,31 MPa pour 1,5 % de Typha, 45 % de sa résistance à la traction qui baisse de 0,28 MPa à 0,15 MPa, et 70 % de sa résistance à la flexion qui chute de 1,04 MPa à 0,31 MPa. Ces résultats se justifient du fait que le Typha étant très poreux, son incorporation dans la matrice cimentaire augmente la proportion de vides et constitue en même temps un obstacle au déploiement des liaisons chimiques et de ce fait diminue la résistance du matériau.

La caractérisation thermique montre que l'ajout de 1,5 % de Typha fait perdre au BTC plus de 40 % de sa conductivité thermique qui passe de $0,378 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ sans Typha à $0,223 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ avec 1,5 % de fibre et 28 % de son effusivité thermique (elle passe de $618,79 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1/2}$ à $442 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1/2}$).

Conclusion

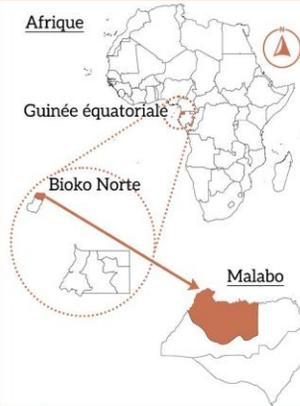
L'incorporation de fibres de Typha dans les blocs réduit les caractéristiques mécaniques mais dans des limites qui sont suffisantes pour un bâtiment à un niveau ou à murs non porteurs. L'ajout de fibre peut réduire la consommation d'énergie dans les habitats et empêcher la prolifération de cette plante et ainsi réduire les nuisances liées à son développement.

En perspective, un traitement des fibres de Typha pour réduire leur impact sur les liaisons dans la matrice cimentaire.

INTRODUCTION

Les problèmes majeurs sont ci-après listés :

- Niveau élevé d'incertitude dans les interventions en raison du manque de données sur les bâtiments résidentiels de l'époque coloniale
- Problème de collaboration entre les différents acteurs et professionnels du secteur
- Les impacts de décisions, notamment en termes de coûts et de délais d'exécution des travaux de réhabilitation, ne sont pas suffisamment pris en compte.
- Absence d'outils d'aide à la décision adaptés pour guider de manière efficace les opérations de réhabilitation



Logements du quartier Los Angeles



Etat d'origine



Etat avant la réhabilitation

Fiche descriptive de la zone

Localisation : Quartier Los Angeles Date de construction : 1963-1965
 Surface zone : 8ha Nombre de logements : 512
 Type de logement : duplex (F4) /Semi-collectif Surface logement : 63 m²
 Population : 3000 Habitants

OBJECTIFS

- Analyser les pratiques actuelles de réhabilitation de logement sociaux à Malabo ;
- Evaluer les impacts de réhabilitation sur la communauté résidente ;
- Proposer un outil pour mieux guider la réhabilitation de logements dans les villes africaines et notamment à Malabo

MÉTHODOLOGIE

- Observations directes
- Enquête auprès de 53 ménages
- Entretiens auprès des acteurs intervenants dans le processus de réhabilitation,
- Analyse, traitement et confrontation des données

RÉSULTATS

1. États actuel des logements sociaux

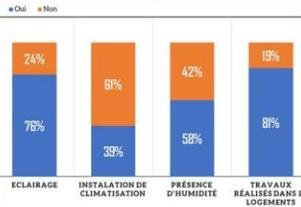


Espace de jeu



Espace vert aménagé

2. Assainissement-Espaces verts et réseaux divers



Graphique n°1 : Conditions du logement avant la réhabilitation. Source : Données de terrain, 2022



Graphique n°2 : Conditions du logement après la réhabilitation. Source : Données de terrain, 2022

3. Organisation fonctionnelle et types de dégradations



- 1 Problème d'aération naturelle dû à la largeur de la fenêtre et à sa position dans le bâtiment
- 2 Problème de circulation au sein des pièces d'un même logement

Figure n°1 : Plan du RDC des Logements

CONCLUSION

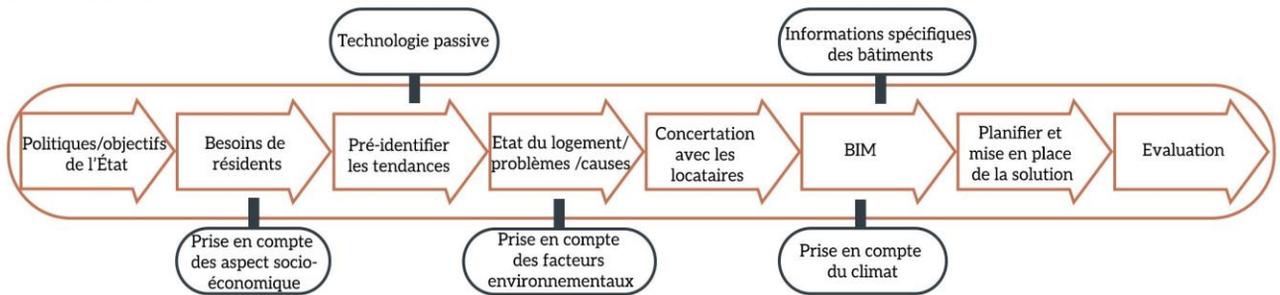


Figure n°2 : Processus pour une réhabilitation holistique du logement social à Malabo

RÉFÉRENCE

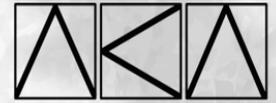
- Konstantinou, T., & Dimitrijević, B. (2018). Sustainable refurbishment for an adaptable built environment (pp. 207-227).
- Bhuiyan, SI, Jones, K. et Wanigarathna, N. (septembre 2015). Une approche de rénovation durable du bâtiment existant. Lors de la 31e conférence annuelle ARCOM (pp. 1093-1102).



Forum sur les Matériaux Innovants et de la Construction Durable en Afrique de l'Ouest

Complexe Fawru

Liste des auteurs (Atelier Kemit Architectes,
, Conseil Départemental de Matam)



ATELIER
KEMIT
ARCHITECTES

Email: contact@atelierkemitkemit.com



Le projet **Fawru** contribuera à la promotion de l'architecture bioclimatique et des techniques de construction durables au Sénégal. Il permettra également de valoriser les matériaux locaux et de créer des emplois dans la région de Matam.

Objectif général : Développer un complexe commercial bioclimatique pour produits agricoles à Matam, au Sénégal, en utilisant des techniques de construction durables et économes en énergie..



RÉSULTATS



UCAD : logements bioclimatiques en briques locales



Forum sur les Matériaux Innovants et de la Construction Durable en Afrique de l'Ouest



HARDEL LE BIHAN ARCHITECTES
et ALUN BE ARCHITECTE

HARDEL
LE BIHAN alun[be]

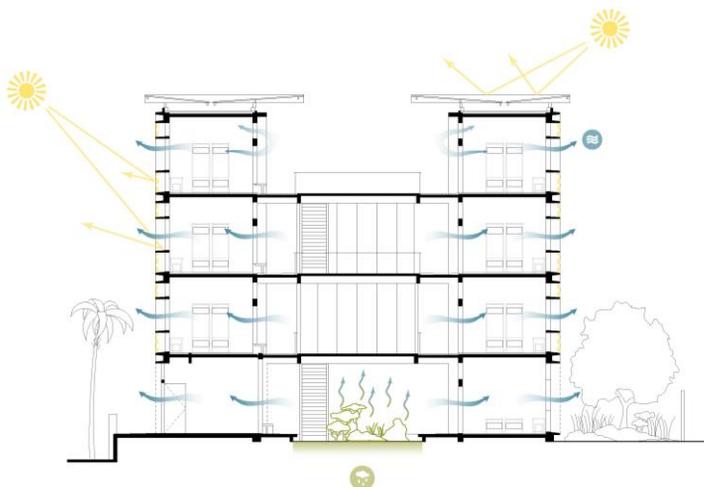
Email: clemence.mathieu@hardel-lebihan.com
alunbearchitect@gmail.com

Depuis 2015, en réponse à la demande croissante et pour améliorer les conditions de vie sur le campus de l'Université Cheikh Anta Diop (UCAD), l'État du Sénégal s'appuie sur AMSA Realty SA pour réaliser une dizaine de résidences et loger 10 000 étudiant(e)s supplémentaires sur les secteurs UCAD et Claudel. La conception architecturale est confiée à l'agence HARDEL LE BIHAN ARCHITECTES en collaboration avec l'agence ALUN BE, basée à Dakar. En ce printemps 2024, les deux premiers immeubles sont prêts à accueillir 750 étudiants. Leur architecture bioclimatique est le fruit d'une aventure collective pour offrir à la jeunesse un cadre de vie démonstrateur de développement durable « Made in Sénégal ».

LE PROJET ARCHITECTURAL : UN DÉMONSTRATEUR BIOCLIMATIQUE

Les immeubles du secteur A de l'UCAD s'élèvent sur quatre niveaux. Ils sont composés de deux ailes de part et d'autre d'une percée centrale : une disposition favorable à la ventilation naturelle autour d'un jardin intérieur. Dans les étages, des salles d'études suspendues aménagées entre les ailes profitent de la fraîcheur qui émane de ces jardins de pluie. Les aménagements paysagers sont en effet conçus pour diminuer l'effet d'îlot de chaleur et gérer les eaux pluviales par infiltration directe dans le sol.

Les résidences sont construites en béton armé (ossature poteaux-poutres et dalles pleines) avec un remplissage en briques de terre cuite, pleines ou alvéolées pour la mise en œuvre des moucharabiehs qui permettent la ventilation naturelle des espaces. Les toitures sont surélevées pour un meilleur confort thermique des chambres. La brique est aussi utilisée en pavage au sol. Au rez-de-chaussée, les étudiants ont accès à un éventail d'espaces communs : salles de télévision, laveries, conciergerie et commerces.



Principes bioclimatiques en coupe.



L'usine SOFAMAC relocalisée à Diass en 2016 produit toutes les briques nécessaires au projet.



Forum sur les Matériaux Innovants et de la Construction Durable en Afrique de l'Ouest

OSB Typha

Mise en place d'une unité pilote de production de panneaux OSB à base de Typha au Sénégal

2023 - 2025

Ibrahima DIAW¹, Vincent SAMBOU², Cheikh MBAYE²,
Mactar Faye², Bernard Boyeux¹

¹ BioBuild Africa, ² École Supérieure Polytechnique, ³ SAREV

Email: vincent.sambou@esp.sn



OBJECTIFS Mettre en place une unité pilote de production de matériaux type OSB à base de typha (OSBT) au Sénégal.

Contexte & Démarche

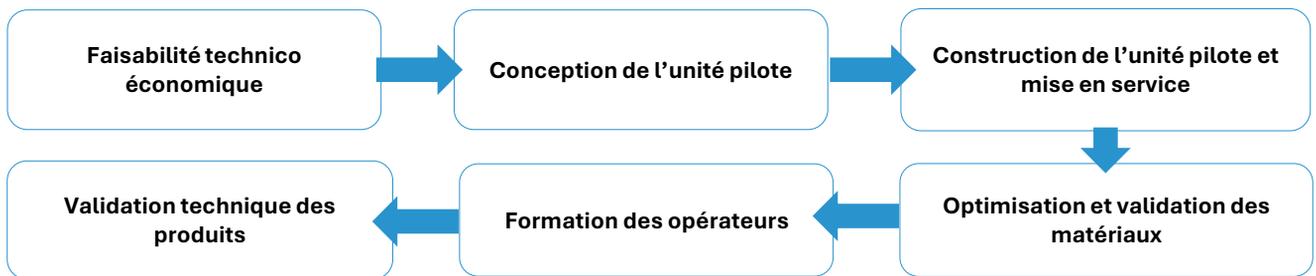
Le projet s'inscrit dans le cadre du programme financé par le Ministère allemand de la coopération (BMZ) pour le compte du PNUE dans le but de promouvoir la transformation du secteur du bâtiment.

Il a pour objectif de mettre en place une unité pilote de fabrication de matériaux de construction (panneaux de type OSB à base de typha) au Sénégal. Le programme comprend la mise en place de l'unité pilote de production de panneaux type OSB en typha, l'optimisation de leurs caractéristiques et la validation de leur aptitude à l'usage pour le marché sénégalais – tant sur le plan technique qu'environnemental et économique. Cette unité pilote devra démontrer sa répliquabilité afin de pouvoir développer significativement un marché au niveau national, voire au niveau de la sous-région.

Panneaux OSB.T



COMPOSANTES & MÉTHODOLOGIE



USAGES PRÉVUS



Cloisonnement



Plafond suspendu



Isolation

Partenaires & Soutien

OSB Typha est porté par l'École Supérieure Polytechnique (UCAD), SAREV et BioBuild Africa avec le soutien financier de la Global Alliance For Building and Construction (UNEP)

Stéphane Lambert¹, Melvyn Gorra², Marie de Korff³, Bernard Boyeux³,
Nelly Breton⁴, Olivier Fraisse⁴, Etienne Gourlay⁵,
¹La Brique de Guyane, ²Arterre, ³BioBuild Concept, ⁴Terreneuve, ⁵Cerema
Email: bernard.boyeux@biobuild-concept.com

OBJECTIFS Déployer, en Guyane et à Mayotte, départements français situés en zone tropicale, un système constructif permettant de réduire significativement l'usage de la climatisation en s'appuyant sur une solution technique qui a fait ses preuves (la BTC) et en optimisant ses performances par l'apport de matériaux locaux biosourcés.

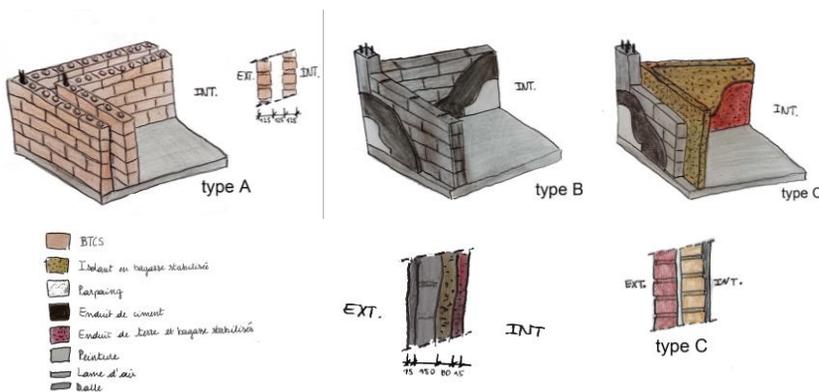
CONTEXTE

Pour faire face à leurs situations socio-économiques, les territoires de Guyane et de Mayotte, sont confrontés à un besoin important de logements performants mais aussi à la nécessité de créer de l'activité économique et des emplois. Dans les deux territoires, des productions de briques de terre compressée (BTC) de qualité se sont développées avec des modèles de filières spécifiques. Ces filières sont en mesure de participer activement à l'amélioration des performances énergétiques des bâtiments à condition d'en optimiser les performances hygrothermiques et d'assurer un déploiement significatif. Par ailleurs, les deux territoires disposent d'un potentiel végétal abondant et diversifié, susceptible d'approvisionner des filières de matériaux biosourcés locaux.



BÂTIMENTS EN BTC EN GUYANE ET À MAYOTTE

DÉMARCHE & COMPOSANTES



1. Identification des ressources locales mobilisables pour la production locale matériaux de construction, notamment en ce qui concerne les bioressources
2. Caractérisation des bioressources validées pour la production locale de matériaux de construction
3. Validation des matériaux sélectionnés dans un démonstrateur conçu selon les principes de l'architecture bioclimatique
4. Analyse des coûts des constructions

RÉSULTATS

Les différentes typologies de parois considérées dans cette étude permettent de **réduire de 37 à 53% la consommation en climatisation** du bâtiment en comparaison avec une paroi de référence en parpaings de 15 cm avec enduit ciment et finition peinture sur chaque face.

En adoptant un comportement écoresponsable, c'est-à-dire en réglant la climatisation à 24°C au lieu de 20°C en période d'occupation et à 28°C au lieu de 24°C en période d'inoccupation, **on peut même dépasser les 85% d'économies d'énergie** dans notre bâtiment test.

Partenaires et Soutien

TOMA a été porté par la Brique de Guyane, ArtTerre, le Cerema, Terreneuve et BioBuild Concept.

TOMA s'inscrit dans le programme OMBRE porté par l'AQC (Agence qualité construction - France)



Forum sur les Matériaux Innovants et de la Construction Durable en Afrique de l'Ouest

NG2B

Normalisation des granulats végétaux pour la confection des bétons et des mortiers biosourcés
2021 - 2024



Arnaud CHARPENTIER¹, Bernard BOYEUX¹
¹ BioBuild Concept

Email: a.charpentier@biobuild-concept.com

OBJECTIFS

Établir un cadre général pour caractériser les différents types de granulats végétaux afin de donner aux utilisateurs un référentiel commun, pertinent et robuste,
Fédérer les démarches collectives facilitant la massification de l'usage des bétons végétaux.

CONTEXTE & DÉMARCHÉ

Face à l'urgence climatique et à la raréfaction des granulats minéraux, les acteurs des filières, soutenus par l'ADEME, se mobilisent pour définir un cadre de normalisation des granulats biosourcés pour l'élaboration de bétons et de mortiers.

Débuté en 2021, NG2B s'achèvera cette année (2024) avec la validation d'une rédaction d'une prénorme pour les granulats végétaux. Ce résultat est le fruit d'un travail collectif des partenaires directs du programme et des acteurs des filières de l'amont agricole, des laboratoires de recherche et d'innovation des secteurs publics et privés, et des entreprises de l'aval industriel (cimentiers, chauffourniers, producteurs de matériaux biosourcés,...).

GRANULATS TESTS



CARACTÉRISTIQUES PERTINENTES DES GRANULATS VÉGÉTAUX

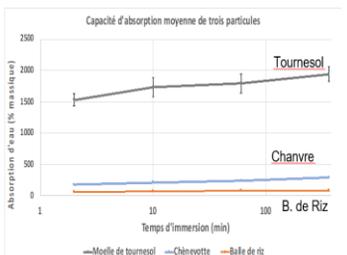
GRANULOMÉTRIE

ABSORPTION D'EAU

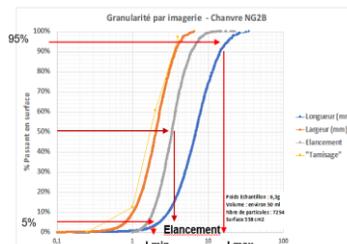
MASSE VOLUMIQUE

TENEUR EN EAU

UNIFORMISATION DES MÉTHODES DE LA CARACTÉRISATION DES GRANULATS



ABSORPTION D'EAU DES GRANULATS



GRANULOMÉTRIE DES GRANULATS

	Chênevotte de chanvre	Balle de Riz	Moelle de Tourneol
Masse volumique	100 kg/m ³	100 kg/m ³	20 kg/m ³
Particularité	Végétal de référence	Riches en silice/dimensions fines / culture aquatique	Très poreux
Absorption en eau en 10 minutes	200%	70%	1700%

PROPRIÉTÉS DES GRANULATS

Partenaires & Soutien



OBJECTIF

Les Guides de bonnes pratiques TyCCAO ont pour objet de recueillir les connaissances théoriques et pratiques validées et sécurisées sur différents usages du typha dans la construction. Cette capitalisation est consignée dans des documents de référence qui sont validés dans le cadre de concertation avec les professionnels du secteur.

CONTEXTE & DÉMARCHÉ

La première phase du programme TyCCAO (Typha Combustible et Construction en Afrique de l'Ouest) a permis de consolider les acquis techniques et scientifiques des matériaux de construction à base de typha. Certaines solutions ont été jugées suffisamment matures pour faire l'objet de validations techniques qui soient diffusées dans des Guides de bonnes pratiques.

Ces documents de référence sont le fruit de travaux et de concertations entre les différents acteurs - chercheurs et praticiens. Ils permettent de formaliser les acquis et de les mettre à la disposition de tous les professionnels de la construction. Ils traitent de la composition des matériaux, de leur fabrication, des performances attendues et de leur mise en œuvre.

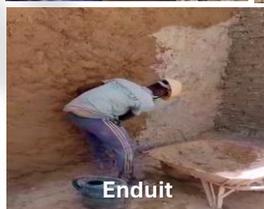
LES GUIDES TYCCAO



FABRICATION DES MATÉRIEAUX ARGILE-TYPHA



MISE EN ŒUVRE



CARACTÉRISTIQUES PRODUITS

Blocs légers

Masse volumique : ρ (kg/m³) : 250 – 500
Résistance en compression (MPa) : 0,45
Résistance en flexion (MPa) : 0,25
Conductivité thermique λ (W/m. K) : 0,09 – 0,14

Hourdis mi-lourds

Masse volumique : ρ (kg/m³) : 500 – 1200
Résistance en compression (MPa) = 1,019
Résistance en flexion (MPa) = 0,99
Conductivité thermique λ (W/m. K) = 0,12 – 0,15

Enduits

Masse volumique : ρ (kg/m³) : 500
Conductivité thermique λ (W/m. K) : 0,09 – 0,1

Partenaires

Le programme TyCCAO a été porté par 20 partenaires situés au Sénégal, en Mauritanie et en France,

Réalisation des Guides

Les Guides de Bonnes Pratiques ont été rédigés par BioBuild Africa en s'appuyant sur l'expertise de nombreux professionnels,

Soutien

TyCCAO a été financé par le FFEM, l'ADEME et par les partenaires d'exécution.

Détails & Téléchargements
tyccao-typha.org



Forum sur les Matériaux Innovants et de la Construction Durable en Afrique de l'Ouest

CoCliCo

Construction sans Climatisation et Confortable

Ibrahima Diaw¹, Djidiack Faye², Ernest Dione & Bernard Boyeux¹, Philippe Delannoy³, Olivier Fraisse⁴, Papa Keita⁵, Nicolas Rondet⁶

¹ BioBuild Africa, ²ARD de Fatick, ³Atelier Philippe Delannoy, ⁴Terreneuve, ⁵UrbaSEN, ⁶Worofila

Email: ibrahima.diaw@biobuild-concept.com



OBJECTIF Élaborer et éprouver une démarche de construction adaptée aux zones climatiques chaudes, efficace du point de vue thermique, compatible avec les attentes et les moyens des populations tout en garantissant le confort des usagers sans l'utilisation de fluides frigorigènes et en limitant le recours aux énergies fossiles

CONTEXTE & DÉMARCHÉ

La hausse de température provoquée par le changement climatique est 1,5 fois plus rapide dans la zone sahélienne que dans le reste du monde avec des conséquences dramatiques remettant en cause la vie des populations et leurs moyens d'existence. Le projet se situe à Ndiob, dans la région de Fatick (Sénégal) où entre juin et octobre, la moyenne de la température maximale est d'environ 40 °C et l'humidité relative en moyenne annuelle est comprise entre 55 et 70.

L'enjeu est d'améliorer le confort thermique des bâtiments dans les climats chauds en se fondant sur les principes de la conception bioclimatique des bâtiments et en conjuguant un ensemble de solutions dites « low-tech low-cost » adaptées aux spécificités locales (techniques, culturelles, économiques, sociales...). Le programme comprend également une démarche d'ingénierie financière expérimentale pour favoriser l'accès au logement des populations vulnérables.

PROJETS DE RÉFÉRENCE



Ecole Célestin Freinet, Dagana

Eco-Pavillon, Diamniadio



Maison individuelle Ndong

Maison KGC

COMPOSANTES – MÉTHODOLOGIE

COMPOSANTE 1 - Innovation et R&D

Concertation avec les parties-prenantes, Identification des ressources locales, Développement scientifique et technique des solutions innovantes, Esquisses des projets de construction.

COMPOSANTE 2 - Conception et réalisation des bâtiments

Schéma d'aménagement urbain, Bâtiment administratif : agrandissement de l'Hôtel de ville, Bâtiment commercial : marché avec zones de conservation, Logements .

COMPOSANTE 3 – Pérennisation et réplification

Evaluation des réalisations et capitalisation des acquis, Formations aux techniques de construction et de maintenance, Accompagnement pour l'acquisition des logements, Accompagnement pour la création et l'évolution d'entreprises.



Solutions dites « low-tech low-cost » convoquées dans CoCliCo systèmes de rafraîchissement « naturel », végétalisation, fonctionnement hygrothermique des matériaux poreux.

RÉSULTATS ATTENDUS

Méthodologie d'optimisation de solutions « low-tech low-cost » au service de bâtiments résilients en zone sahélienne, Construction et évaluation de bâtiments démonstrateurs, Solutions d'accès au logement pour les populations vulnérables.

PARTENAIRES ET SOUTIEN

CoCliCo est porté par un consortium composé de L'ARD DE FATICK (S), BIOBUILD AFRICA (S), PHILIPPE DELANNOY (F), TERRENEUVE (F), URBASEN (S) et WOROFILA (S).

CoCliCo est soutenu par le FOND FRANÇAIS POUR L'ENVIRONNEMENT MONDIAL (FFEM).

CRÉDIT ICONOGRAPHIE : Michel Reynaud (LEU), H. Horn (Fraunhofer Institut), Terreneuve, Philippe Delannoy, Worofila



Forum sur les Matériaux Innovants et de la Construction Durable en Afrique de l'Ouest

GlobalABC

Alliance Mondiale pour les Bâtiments et la Construction



Global Alliance for Buildings and Construction

Rejoignez-nous pour œuvrer en faveur d'un secteur du bâtiment et de la construction à zéro émission, efficace et résilient.

Email: global.abc@un.org

GlobalABC est la plateforme leader à l'échelle mondiale pour tous les acteurs du secteur du bâtiment et de la construction engagés dans une vision commune : à zéro émission, efficace et résiliente.

Fondée lors de la COP21 et hébergée par le Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE), la GlobalABC rassemble **290 membres**, dont **42 pays**.

Publications et activités phares de la GlobalABC:

La GlobalABC:

- **est un défenseur mondial** de la transformation durable du marché du bâtiment et du secteur de la construction **et un Catalyseur d'action** en définissant une stratégie de neutralité carbone pour le secteur du bâtiment et de la construction.
- **est une plateforme de confiance qui permet de fixer des objectifs et de suivre les progrès accomplis:** la GlobalABC suit les progrès réalisés dans son Rapport Annuel sur la Situation Mondiale des Bâtiments et de la Construction (Buildings- GSR) ;
- **aide les pays à définir des priorités et des mesures adéquates:** la GlobalABC élabore des recommandations politiques et des feuilles de routes mondiales et régionales pour le secteur du bâtiment et de la construction afin de soutenir et d'accroître l'ambition des CDN (Contributions Déterminées au niveau National) ; et
- **soutient la transition du secteur privé** avec des priorités et des stratégies vers des modèles économiques axés sur la décarbonation et l'accroissement de la résilience des bâtiments.

1. Rapport sur la Situation Mondiale des Bâtiments et de la Construction (Buildings-GSR)



2. Feuilles de Route pour l'Action Climatique dans le secteur du bâtiment et de la construction



3. Pavillon des Bâtiments à la COP Climat



4. Le Buildings Breakthrough



Hubs et Groupes d'Action de la GlobalABC:

Hubs: Adaptation; Chauffage Propre; Données; Finance; Transformation du Marché; Matériaux

Groupes d'Action: Autorités Locales; Institutions d'Enseignement Supérieur; Refroidissement Passif; Sobriété



Forum sur les Matériaux Innovants et de la Construction Durable en Afrique de l'Ouest

Résilience Communautaire par le Patrimoine, l'Économie et la Nature

Ibrahim TCHAN
CORPS DES VOLONTAIRES BENINOIS/ECOMUSEE TATA SOMBA

ibnat85@gmail.com



INTRODUCTION

Le projet vise à renforcer la résilience des communautés du Koutammakou en mettant en avant la Takienta, une architecture traditionnelle des Batammariba. Il cible la préservation culturelle, l'autonomisation économique des femmes et le reboisement sur 15 hectares avec 15 Groupements d'Intérêts Économiques et Culturels (GIEC). À travers des chantiers-écoles et des ateliers éducatifs, le projet réhabilitera activement les sikien tout en transmettant les savoirs traditionnels. Les GIEC, faciliteront la mise en place de micro-entreprises, renforçant l'indépendance économique des femmes. Ces groupes s'engagent également dans une initiative de reboisement pour assurer un approvisionnement durable en bois tout en préservant l'écosystème local. Le projet adopte l'approche solutions basées sur la nature, pour construire un avenir durable. Chaque phase du projet est conçue pour compléter un cycle intégré de transformation, concentrant ses efforts sur la Takienta afin de renforcer la résilience globale des communautés du Koutammakou face aux défis culturels, économiques et environnementaux.

OBJECTIFS

Renforcer la résilience du Koutammakou par la préservation du patrimoine, l'autonomisation des femmes et le reboisement.

Objectifs spécifiques :

Conservation de la Takienta : Réhabiliter et préserver activement 375 sikien (pluriel de Takienta, architecture vernaculaire) en impliquant les communautés dans des chantiers-écoles de construction et des projets de restauration.

Autonomisation des Femmes : Mettre en place 15 Groupements d'Intérêts Économiques et Culturels (GIEC), favorisant ainsi la création de micro-entreprises et renforçant l'autonomie économique des femmes tout en préservant la richesse culturelle.

Transmission des Savoirs Traditionnels : Animer des chantiers-écoles et des ateliers pédagogiques pour transmettre les savoirs traditionnels de construction des sikien, à la nouvelle génération.

Reboisement : Avec les 15 GIEC, planter 15 hectares d'arbres indigènes pour un approvisionnement durable en bois et la préservation de l'écosystème local.

RESULTATS

Autonomisation des femmes



Transmission des savoir-faire traditionnels



MÉTHODOLOGIE

Approche participative et inclusive de mise en place des Groupements d'Intérêt Économiques et Culturels (GIEC)

Diagnostic préalable

- Analyse des besoins spécifiques
- Identification des problématiques et des opportunités
- Plan d'action détaillé

Préincubation

- Outils de formation des femmes
- Planification stratégique, la gestion financière...
- Élaboration d'un modèle économique viable

Incubation

- Accompagnement personnalisé
- Mise en place d'outils de gestion adaptés aux coopératives
- Renforcement des compétences en marketing et en communication

Développement

- Formation avancée
- Assistance continue
- Accès à un réseau d'experts et de partenaires



Il existe dans toute l'Europe des toitures végétales communément appelées « toitures en chaume » réalisées avec une technique de pose ancestrale qui leur confère des propriétés de durabilité et d'isolation thermique et acoustique performantes.



La réalisation au Sénégal de toitures végétales associant cette technique à l'utilisation du typha comme matière première offre une solution répondant aux exigences actuelles de l'habitat et participe à la valorisation d'une espèce envahissante. Ces toitures restent très proches esthétiquement des toitures traditionnelles d'Afrique de l'Ouest mais en améliorent grandement les qualités.



- ° Pente de toiture minimum : 35 degrés
- ° Epaisseur totale de la couverture : 35 cm
- ° 10 à 12 bottes de typha/m²
- ° Etanchéité parfaite : la pluie ne pénètre que sur 2 à 3 cm



L'association **TypHAS** a formé des chaumiers depuis 2014 dans le cadre de chantiers-école au Sénégal et au Togo. Les professionnels sénégalais formés par notre association, regroupés en GIE, sont aujourd'hui performants et autonomes, à même de réaliser des toitures en typha et de transmettre leur savoir-faire.

Au Togo, le matériau utilisé est une paille sauvage à tige creuse, appelée « kersi »



CONSTRUIRE AU XXIÈME SIÈCLE

Construire au XXIème siècle engage plus que jamais la responsabilité des bâtisseurs. Avec quelques 40% des émissions de gaz à effet de serre mondiaux, la construction est en effet le plus gros contributeur au réchauffement climatique.

Dans les pays de la zone intertropicale - et tout notamment en Afrique de l'Ouest où la quantité de bâtiments à construire est considérable - la problématique dépasse largement le seul sujet des émissions de gaz à effet de serre. Particulièrement vulnérable à un changement climatique plus rapide et plus dévastateur que la moyenne, la sous-région subit un environnement de plus en plus inhospitalier dans lequel, aux augmentations de températures, vient s'ajouter un cortège d'autres nuisances telles que les inondations ou les feux de brousses.

Dans ce contexte, les bâtiments doivent remplir pleinement leur rôle premier qui est de protéger les populations et leurs activités, qu'il s'agisse d'assurer un travail administratif, industriel ou artisanal, de conserver des aliments ou des médicaments, d'élever des poulets ou, tout simplement, de vivre.

Les bâtisseurs sont bien sûr invités à intégrer ces évolutions dans leurs projets, lesquels doivent également prendre en compte les attentes et les moyens des populations, y compris les plus vulnérables - d'autant que l'on sait que bénéficier d'un logement décent est une condition sine qua none pour sortir de la pauvreté, une autre priorité pour plusieurs zones de la sous-région.

L'enjeu est donc considérable : il exige de mobiliser toutes les compétences et toutes les expertises, de les conjuguer pour en démultiplier les effets et de les exploiter pour valoriser au mieux les moyens disponibles.



Forum sur les Matériaux Innovants et de la Construction Durable en Afrique de l'Ouest

Pour faire face positivement à ce défi, le Forum MICD-AO a la volonté de construire un édifice solide permettant d'accueillir, de mettre en synergie et de faire fructifier durablement les immenses potentiels, humains et matériels de la sous-région.

Contact : info@micdao.org | Toutes les informations sur <https://micdao.org/>