

Influence d'extraits tanniques locaux sur les propriétés des Briques de Terre crue Comprimée (BTC) en environnement tropical humide

Vitória Taïlamé¹, Gildas Medjigbodo¹, Ouahcène Nait-Rabah¹, Stéphane Lambert², Jean-Emmanuel Aubert³

¹UMR EcoFoG, Université de Guyane, Campus Agronomique, Kourou, Guyane française

²La Brique de Guyane/La Brique d'Amazonie, Cayenne/ Mana, Guyane Française

³LMDC, Université de Toulouse, UPS, INSA, Toulouse, France.

RÉSUMÉ

L'étude explore l'utilisation d'extraits tanniques comme stabilisants naturels pour des Briques de Terre crue Comprimée (BTC), en climat tropical humide (HR 80–90 %).

Les tannins végétaux peuvent interagir avec le fer des sols latéritiques pour former des tannates de fer, reconnus pour améliorer la cohésion des matériaux terreux.

Deux types d'extraits sont comparés : un tannin de châtaignier standardisé et un extrait local issu de sciures de bois d'Amazonie.

Cinq formulations sont testées : une référence (terre + eau), une avec ciment, et trois avec extraits tanniques.

La résistance à la compression a été mesurée après équilibre des masses à 25 °C et 55% ou 90% HR.

Les briques traitées avec des tannins, notamment l'extrait local, montrent une nette amélioration des performances mécaniques, avec un rapport de résistance d'environ 2,5 par rapport à la terre seule.

A 3% d'additif, la formulation terre-tanin de wapa a montré une résistance à la compression équivalente à la formulation contenant du ciment après 28 jours de cure humide.

Ces résultats suggèrent que les tannins locaux peuvent remplacer le ciment, avec un impact environnemental réduit.

Mots-clefs : Tannins, BTC, terre crue, biostabilisant, wapa

1 INTRODUCTION

Dans un contexte où le secteur du bâtiment contribue à près de 34 à 37 % des émissions mondiales de CO₂ liées à l'énergie et aux processus industriels (United Nations Environment Programme, 2025, 2024), le développement de matériaux de construction à faible empreinte environnementale devient un enjeu stratégique. La terre crue, utilisée depuis des millénaires, fait aujourd'hui l'objet d'un regain d'intérêt pour sa faible énergie grise, sa disponibilité locale et ses propriétés hygrothermiques (Fabbri et al., 2018). Parmi les techniques de mise en œuvre contemporaines, la Brique de Terre Comprimée (BTC) constitue une solution industrialisable, modulable et performante.

Cependant, comme c'est le cas pour toutes les techniques de construction en terre, plusieurs obstacles techniques et normatifs limitent encore son utilisation généralisée (Morel et al., 2021), notamment la variabilité des performances mécaniques (Barnaure et al., 2021; Poullain et al., 2023; Tchiotsop et al., 2022) et la sensibilité à l'eau. Pour pallier ces fragilités, la stabilisation au ciment est largement pratiquée, bien qu'elle engendre à la fois un impact environnemental élevé (Aubert, 2019) et un surcoût économique.

Dans plusieurs pays d'Afrique de l'Ouest (Burkina Faso, Ghana, Nigéria), les tannins extraits des cosques de fruits du néré (*Parkia biglobosa*), sont traditionnellement employés pour renforcer les enduits et les sols en terre crue (Fontaine and Anger, 2013; Sorgho et al., 2014). En effet, les tanins, composés naturels polyphénoliques issus du bois, sont susceptibles d'interagir avec les oxydes de fer présents dans les sols tropicaux pour former des tannates de fer, complexes organométalliques contribuant à la cohésion de la matrice argileuse (Du et al., 2022; Sorgho et al., 2014; Walter et al., 2024a). Dans certaines études (Du et al., 2021; Walter et al., 2024b), une augmentation de pH par de l'hydroxyde de sodium (NaOH) est utilisée pour favoriser leurs interactions avec les argiles et oxydes métalliques du sol.

En Guyane Française, le wapa (*Eperua falcata*) est une essence locale de bois d'œuvre abondamment utilisée pour la construction, en raison de ses excellentes propriétés mécaniques et de sa durabilité naturelle. Toutefois, les sciures issues de son usinage, valorisées dans les centrales à biomasse bois-énergie, sont de moins en moins acceptées en raison de contraintes techniques, économiques et réglementaires. Cette évolution ouvre la voie à de nouvelles perspectives de valorisation de ce co-produit industriel, notamment par l'extraction de composés d'intérêt. Ce n'est que récemment que l'intérêt pour les extraits de wapa émerge dans le domaine de la construction en terre, avec des travaux ayant montré leurs effets bénéfiques sur la fluidité des mélanges et la résistance à l'eau dans la technique de la terre coulée (Walter et al., 2024, 2023). En revanche, les recherches portant sur l'usage des tanins (tous types confondus) dans la technique des BTC restent encore peu nombreuses (Banakinao et al., 2016 ; Du et al., 2022 ; Guiheneuf, 2020 ; Keita et al., 2014 ; Sorgho et al., 2014), et les extraits de wapa n'y figurent pas encore comme matière étudiée.

La présente étude, menée en collaboration avec La Brique de Guyane/d'Amazonie, une entreprise locale de production de BTC, s'inscrit dans cette dynamique exploratoire. Elle vise à caractériser l'effet de tanins extraits de sciures de wapa sur le comportement mécanique de BTC soumises à des conditions hygrométriques élevées, et à évaluer leur potentiel en tant qu'alternative partielle au ciment dans les formulations destinées aux environnements tropicaux humides.

2 MATÉRIAUX ET MÉTHODES

2.1 Matériaux

2.1.1 Sol

Le sol utilisé provient d'une terre latéritique locale extraite du site *Bassin Mine d'Or*, dans la commune de Mana en Guyane française, puis broyée à l'usine *La Brique de Guyane*. Le tableau 1 en présente les principales caractéristiques chimiques et géotechniques. Sa minéralogie est dominée par de l'argile de type kaolinite et du quartz, associés à des oxydes de fer typiques des sols latéritiques.

TABLEAU 1. Caractéristiques du sol étudié

Composition chimique** (%)				Répartition granulométrique (%)				MBV* (g/100g)
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Autres	Argiles <2µm	Silt 2-80µm	Sables 80 µm-2mm	Graves > 2mm	0.43
63.2	16.8	6.4	13.6	21.0	12.8	65.9	0.3	

**Analyses élémentaires réalisées par spectrométrie ICP-OES (iCAP PRO series)

* Essai au bleu de méthylène

2.1.2 Tanins

Dans cette étude, trois types d'extraits végétaux ont été employés.

Le premier tanin étudié est un extrait commercial standardisé (*KingBrown*®, King Tree), obtenu par extraction aqueuse de bois de châtaignier (*Castanea sativa* Mill.). Produit à Labruguière (Tarn, France) à partir de châtaigniers locaux, il est riche en ellagitannins (tanins hydrolysables) et a été retenu pour sa qualité constante ainsi que pour son usage déjà rapporté dans la littérature (Guihéneuf et al., 2020; Walter et al., 2024a), ce qui en fait une référence utile pour les comparaisons.

En complément, deux extraits expérimentaux ont été élaborés à partir de sciures de wapa (*Eperua falcata*), un bois de construction couramment utilisé en Guyane française. Les sciures, collectées auprès de scieries locales, ont été soumises à deux protocoles de macération à froid (ratio massique 1:10, soit 10 g de matière sèche pour 100 mL de solvant). Cette démarche vise à explorer une ressource amazonienne plus conforme aux principes de circularité. Les protocoles appliqués sont décrits ci-après :

- Extraction à l'éthanol : macération à température ambiante pendant 24 h avec agitation régulière, suivie d'une filtration (papier Whatman). Le solvant a ensuite été évaporé en étuve à 50 °C jusqu'à masse constante, garantissant un séchage optimal sans altérer les composés extraits.
- Extraction aqueuse : macération dans l'eau déminéralisée à 70 °C sous agitation magnétique pendant 24 h. Après refroidissement, les mélanges ont été filtrés (papier Whatman), puis l'eau a été évaporée en étuve à 50 °C jusqu'à masse constante, assurant un séchage doux et la préservation des composés.

2.2 Méthodes

2.2.1 Détermination de la teneur en eau optimale

Traditionnellement, les recherches sur les BTC s'appuient sur des briques fabriquées à la teneur en eau correspondant à l'optimum Proctor. Toutefois, cette méthode repose sur une compaction dynamique en couches successives, comparable à celle du pisé, ce qui ne reflète pas le procédé de mise en œuvre des BTC, compactées par pression statique.

De plus, les additifs font varier la quantité d'eau absorbable par chaque mélange.

Dans le cadre de ce travail, une phase préliminaire a été consacrée à l'identification de la teneur en eau et de la quantité de matière optimales pour la formulation de référence sans additifs (REF), et une formulation (TCW1N5) avec 1% de tanin de châtaignier (pourcentage massique par rapport à la masse d'additif) et 5% de NaOH (pourcentage massique par rapport à la masse d'additif). Cette étape d'optimisation par compactage statique vise à déterminer, pour chaque taux d'humidité testé,

la quantité de matériau à introduire dans le moule permettant d'atteindre la densité sèche maximale, pour un volume et une pression de fabrication fixes.

Les moules employés sont issus de la norme NF EN 13286-53:2005-05, et permettent de fabriquer des éprouvettes de dimensions $\varnothing 5 \text{ cm} \times h 5 \text{ cm}$. La pression de compactage a été fixée à 5 MPa. Pour une formulation donnée, la masse de matériau a été augmentée progressivement jusqu'à atteindre un seuil limite défini par la pression de compression fixe choisie, puis les teneurs en eau ont été affinées par paliers de 1 %, jusqu'à l'apparition de signes de saturation. Cette approche a permis de définir, des conditions de fabrication optimales en laboratoire. Les résultats sont présentés dans la figure 1.

2.2.2 Formulation et compactage des mélanges

Les mélanges sont ensuite préparés à leur teneur en eau optimale avant d'être compactés dans des moules cylindriques conformes à la norme NF EN 13286-53:2005-05, permettant d'obtenir des éprouvettes de 5 cm de diamètre et 5 cm de hauteur. Faute de matière suffisante, l'ensemble des mélanges contenant du tanin a été fabriqué en conservant la même teneur en eau et la même densité, correspondant aux conditions optimales déterminées pour le mélange TCW1N5 : une teneur en eau de 18 % en masse et une densité de $1,77 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$. Les formulations testées comprennent des ajouts de tanins végétaux (châtaignier ou wapa), avec ou sans alcalinisation par hydroxyde de sodium (NaOH) et incluent également une formulation minérale de référence à 3 % de ciment (CIM3) et une formulation de référence sans additifs pour comparaison. Les codes TCW, TWW et TWE désignent respectivement les tanins de châtaignier à l'eau, de wapa à l'eau, et de wapa à l'éthanol.

Le détail des formulations est présenté dans le tableau 2

TABLEAU 2. Détail des formulations

	TCW1	TCW1N5	TWW1	TWW1N5	TWE1	TWE1N5	TWE3N10	CIM3	REF
Eau (%)*	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5		17,5
Additif (%)*	Tanins de châtaignier extraits à l'eau		Tanins de wapa extraits à l'eau		Tanin de wapa extraits à l'éthanol			Ciment CEM I 42,5	-
	1	1	1	1	1	1	3	3	0
NaOH (%)**	0	5	0	5	0	5	10	0	0

* pourcentage massique par rapport à la masse de sol sec

** pourcentage massique par rapport à la masse d'additif

2.2.3 Séchage des éprouvettes

Après démoulage, les échantillons sont placés dans une étuve maintenue à 40 °C et 55% HR, jusqu'à l'équilibre de leur masse. Cette température permet d'accélérer le séchage par rapport aux conditions ambiantes, sans altérer la structure des matériaux. La masse est considérée comme stable lorsque deux pesées consécutives effectuées à 24 heures d'intervalle présentent une variation inférieure à 0,2 %. Les échantillons contenant du ciment font l'objet, en amont, d'une cure humide de 28 jours, réalisée en sacs hermétiques afin de garantir une hydratation complète

2.2.4 Essai de résistance en compression sèche

Les essais de résistance en compression sont réalisés à l'aide d'une machine d'essais universelle d'une capacité maximale de 300 kN, équipée d'un capteur de force de 0 à 10 kN. Les éprouvettes sont chargées jusqu'à la rupture. La charge a été appliquée à une vitesse constante de 0,2 MPa/s, conformément à la norme française XP P13 901:2001-10. Pour chaque condition de formulation,

trois éprouvettes ont été testées afin de limiter la variabilité, et les résultats présentés correspondent à la moyenne des valeurs mesurées.

2.2.5 Essai de résistance en compression sous conditions tropicales simulées

Cet essai reprend les mêmes conditions expérimentales que celles décrites en section A.4) pour l'essai de compression sèche, à l'exception du protocole de conditionnement. Afin de simuler un environnement tropical humide, les éprouvettes ne sont pas conservées à température ambiante, mais placées dans une enceinte climatique maintenue à 90 % d'humidité relative, jusqu'à stabilisation de leur masse, ce qui a été atteint après environ six jours.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 Optimums de fabrication

La figure 1 présente l'évolution de la masse volumique sèche en fonction de la teneur en eau.

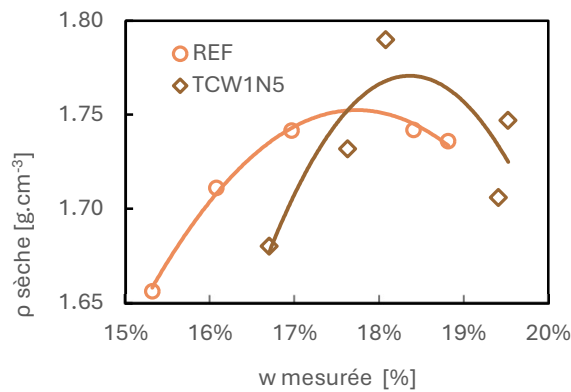


FIGURE 1. Valeurs optimales de fabrication

On observe que l'ajout de tanin de châtaignier avec de l'hydroxyde de sodium NaOH (TCW1N5) a permis d'atteindre une densité sèche maximale plus élevée que celle du mélange de référence (REF). Cet effet peut être attribué au pouvoir fluidifiant du tanin, qui permet d'introduire une plus grande quantité de matière pour un volume donné sous pression constante.

Par ailleurs, la teneur en eau optimale s'est révélée plus élevée pour les mélanges contenant des tanins, ce qui suggère que ces composés augmentent la capacité de rétention d'eau du mélange sans entraîner d'exsudation. Cela s'explique par la forte affinité des tanins pour l'eau, ainsi que par leurs interactions potentielles avec les argiles et les oxydes de fer présents dans la terre.

3.2 Effet du NaOH

La figure 2 présente les premiers résultats de résistance à la compression sèche obtenus pour les trois extraits tanniques avec 1% (pourcentage massique par rapport à la masse de sol sec) et sans ajout de NaOH.

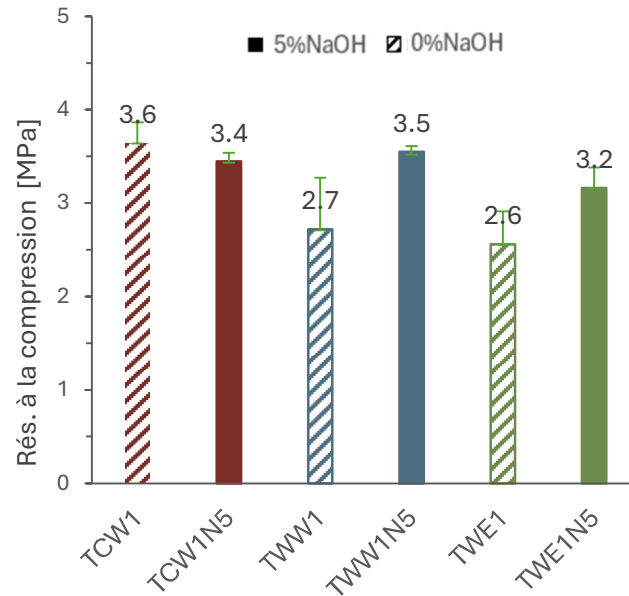


FIGURE 2. Résistances à la compression sèche avec ou sans NaOH

Les résultats de résistance à la compression obtenus mettent en évidence des effets contrastés de l'ajout de d'hydroxyde de sodium (NaOH) selon l'origine des tanins. L'ajout d'hydroxyde de sodium, souvent utilisé pour améliorer la solubilité et la réactivité des tanins via une augmentation du pH, a conduit à une amélioration notable des résistances dans le cas du tanin de wapa. Cette hausse peut s'expliquer par une activation des groupes phénoliques du tanin, favorisant des interactions plus fortes avec la matrice argileuse. L'incorporation de NaOH avec le tanin de châtaignier n'a pas entraîné d'évolution significative des résistances. Ce comportement pourrait être dû à un pH insuffisamment alcalin. En effet, comme le montre le tableau 3, le pH de TCW1N5 est proche de 7 alors que les autres compositions contenant du NaOH sont autour de 9-10.

Ces résultats montrent que l'effet du NaOH dépend fortement de la nature chimique du tanin utilisé, et qu'un ajustement spécifique à chaque tanin est nécessaire pour optimiser les performances mécaniques.

Les six formulations rentrent dans les classes de résistance à la compression 2 ou 3 de la norme allemande DIN 18945:2013-08 et peuvent avoir une application structurelle.

TABLEAU 3. pH des solutions tanin-eau des différents mélanges

	TCW1	TCW1N5	TWWE1	TWW1N5	TWE1	TWE1N5	TWE3N10
pH	3.43	6.79	6.36	9.13	4.03	9.64	10.05

3.3 Effet de l'humidité ambiante sur la résistance en compression des mélanges

La figure 3 illustre l'influence de l'humidité relative (HR 90 %) sur la résistance à la compression des formulations les plus performantes identifiées à la figure 2. Comme ces performances

concernaient essentiellement les mélanges contenant du NaOH, seules ces compositions ont été retenues pour cette étape.

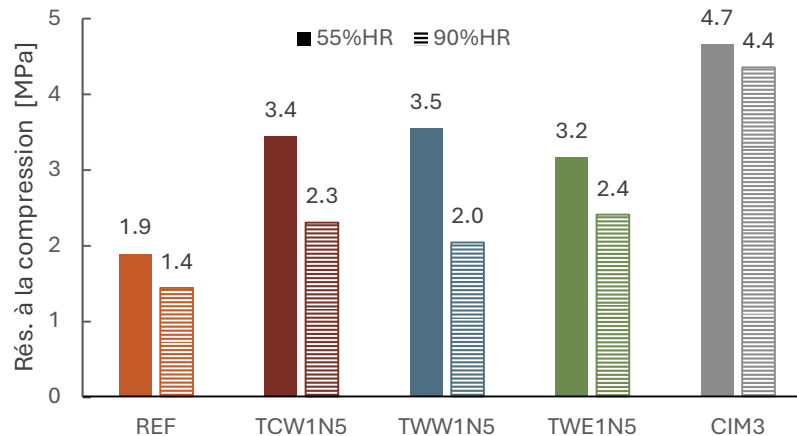


FIGURE 3. Effets de l'humidité relative sur la résistance à la compression

Ce test, simulant les performances d'une brique dans une atmosphère tropicale humide, met en lumière que l'humidité extérieure excessive et continue affecte la résistance à la compression des échantillons de terre comprimée.

En moyenne, les formulations stabilisées avec des tanins présentent une perte de résistance de $1,1 \pm 0,3$ MPa, traduisant une sensibilité plus marquée que celle observée pour la formulation avec 3 % de ciment (CIM3), dont la perte de résistance n'est que de 0,3 MPa (soit une perte de 6 %).

Parmi les trois formulations testées, celle à base de tanin de wapa extrait à l'éthanol (TWE1N5) présente la diminution relative la plus faible (25 %), suivi du tanin de châtaignier extrait à l'eau (TCW1N5) avec 32 %, tandis que celle au tanin de wapa extrait à l'eau (TWW1N5) présente la plus forte (43 %), indiquant une variabilité non négligeable selon le type d'extrait utilisé.

(Champiré et al., 2016; Xu et al., 2018) ont également mis en évidence que la résistance à la compression des matériaux en terre est influencée par les conditions d'humidité environnantes en soumettant leurs éprouvettes à des humidités relatives extérieures de 25%, 75% et 97%. Ils recommandent, en conséquence, de tenir compte de ce couplage hydromécanique, notamment en intégrant un coefficient de sécurité dans l'estimation des paramètres de résistance nécessaires au dimensionnement des constructions en terre.

Dans nos conditions tropicales humides simulées, les résultats de résistance en compression obtenus indiqueraient que les échantillons ne sont plus classables en classe 2 au sens de la norme DIN 18945:2013-08 et ne peuvent par conséquent plus avoir une application structurelle mais uniquement pour remplissage et cloisons.

3.4 Comparaisons avec des mélanges de référence

La figure 4 compare les résistances à la compression sèche des formulations étudiées avec celles des échantillons de référence et des éprouvettes stabilisées au ciment.

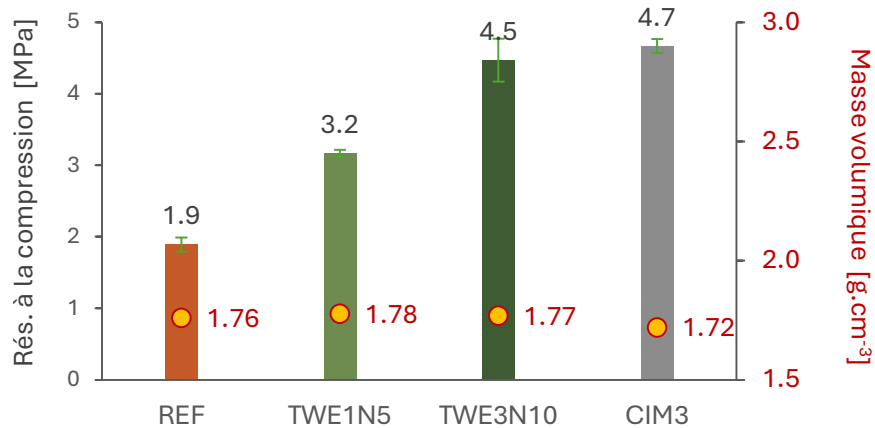


FIGURE 4. Comparaison des résistances à la compression sèche avec des éprouvettes stabilisées au ciment et de référence.

Les résultats montrent qu'à un taux d'incorporation de 3 % en masse, la formulation à base de terre et de tanin de wapa associée à une alcalinisation au NaOH atteint une résistance en compression équivalente à celle de la formulation stabilisée au ciment (à même dosage) et à 2.4 fois celle de référence. Ce comportement met en évidence la capacité de l'extrait tannique de wapa à améliorer les performances mécaniques.

4 CONCLUSION

Cette étude s'inscrit dans une démarche de réduction de l'empreinte environnementale des matériaux de construction en explorant l'usage de stabilisants naturels issus de ressources locales, en particulier des extraits tanniques végétaux. Dans un contexte tropical humide où les contraintes climatiques et la sensibilité des matériaux en terre à l'humidité posent un véritable défi pour la durabilité des ouvrages, les résultats obtenus sont encourageants.

Les extraits de sciures de wapa (*Eperua falcata*) ont montré un intérêt certain comme alternative partielle au ciment dans les formulations de BTC. À un dosage de 3 %, la formulation terre-tanin de wapa a atteint des résistances en compression à l'état sec comparables à celles obtenues avec du ciment. Toutefois, cet effet n'a été observé qu'en présence de NaOH, un produit à fort impact environnemental et non disponible localement, ce qui limite la transposabilité de cette approche dans une logique de circularité. L'exploration d'alternatives alcalines locales apparaît ainsi comme une piste prometteuse à approfondir.

Par ailleurs, l'efficacité des tanins dépend fortement de leur composition chimique, comme le souligne la différence de comportement observée entre le châtaignier et le wapa. De plus, les essais en ambiance humide simulée (HR 90 %) mettent en évidence une sensibilité accrue des formulations à l'humidité, ramenant certaines d'entre elles en classe 1 selon la norme DIN 18945:2013-08. Ces résultats montrent la nécessité d'intégrer des critères de durabilité hygro-mécanique plus exigeants dans l'évaluation des performances de BTC destinées aux climats tropicaux.

Plusieurs pistes d'approfondissement restent à explorer pour confirmer et élargir ces premières observations :

- L'étude détaillée des mécanismes d'interaction physico-chimique entre tanins, argiles et oxydes de fer ;
- La comparaison entre des formulations à 6 % de tanin et celles contenant 6 % de ciment (dosage couramment utilisé dans la pratique industrielle) ;
- L'évaluation de la résistance à l'eau liquide, paramètre déterminant pour la durabilité des briques en conditions réelles.
- Une analyse approfondie du lien entre l'essai PROCTOR et celui décrit en 2.2.1 reste à consolider dans de futurs travaux.

En somme, cette recherche contribue à poser les bases d'une valorisation locale de co-produits de scieries, en particulier les sciures de wapa, et ouvre des perspectives pour le développement de matériaux de construction locaux, durables, adaptés aux contextes tropicaux, et mieux alignés avec les objectifs de transition écologique.

5 RÉFÉRENCES

- Aubert, J.E. (2019). Earth construction materials: from past to modern buildings. *Academic Journal of Civil Engineering*, 37(2).<https://doi.org/10.26168/icbbm2019.31>
- Barnaure, M., Bonnet, S., Poullain, P. (2021). Earth buildings with local materials: Assessing the variability of properties measured using non-destructive methods. *Construction and Building Materials* 281, 122613. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.122613>
- Champiré, F., Fabbri, A., Morel, J.-C., Wong, H., McGregor, F. (2016). Impact of relative humidity on the mechanical behavior of compacted earth as a building material. *Construction and Building Materials*, 110, 70–78. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.01.027>
- DIN 18945:2013-08. Earth blocks – Terms and definitions, requirements, test methods, 2013.
- Du, Y., Brumaud, C., Habert, G. (2022). Water Stabilization of Clay Bricks with Improved Tannin and Iron Mixes. *Construction Technologies and Architecture*. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/CTA.1.377>
- Du, Y., Brumaud, C., Winnefeld, F., Lai, Y.-H., Habert, G. (2021). Mechanisms for efficient clay dispersing effect with tannins and sodium hydroxide. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* 630, 127589. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2021.127589>
- Fabbri, A., Morel, J.-C., Gallipoli, D. (2018). Assessing the performance of earth building materials: a review of recent developments. *RILEM Technical Letters*, 3, 46–58. <https://doi.org/10.21809/rilemtechlett.2018.71>
- Fontaine, L., Anger, R. (2013). PaTerre+. Interactions argiles/biopolymères: patrimoine architectural en terre et stabilisants naturels d'origine animale et végétale. Rapport final (Rapport final). *Ministère de la Culture et de la Communication ; CRATERRE-ENSAG*. <https://doi.org/10.58079/nad4>
- Guihéneuf, S., Rangedard, D., Perrot, A., Cusin, T., Collet, F., Prétot, S. (2020). Effect of bio-stabilizers on capillary absorption and water vapour transfer into raw earth. *Materials and Structures*, 53(6). <https://doi.org/10.1617/s11527-020-01571-z>
- Morel, J.-C., Charef, R., Hamard, E., Fabbri, A., Beckett, C., Bui, Q.-B. (2021). Earth as construction material in the circular economy context: practitioner perspectives on barriers to overcome. *Phil. Trans. R. Soc. B* 376, 20200182. <https://doi.org/10.1098/rstb.2020.0182>

NF EN 13286-53:2005-05. Mélanges traités et mélanges non traités aux liants hydrauliques – Partie 53 : Méthode de confection par compression axiale des éprouvettes de matériaux traités aux liants hydrauliques., 2015.

Poullain, P., Barnaure, M., Bonnet, S. (2023). Mechanical properties of cob-earth composites: Variability and focus on the different calculation methods of Young's modulus. *Journal of Building Engineering* 72, 106622. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.106622>

Sorgho, B., Zerbo, L., Keita, I., Dembele, C., Plea, M., Sol, V., Gomina, M., Blanchart, P. (2014). Strength and creep behavior of geomaterials for building with tannin addition. *Materials and Structures* 47, 937–946. <https://doi.org/10.1617/s11527-013-0104-7>

Tchiotsop, J., Issaadi, N., Poullain, P., Bonnet, S., Belarbi, R. (2022). Assessment of the natural variability of cob buildings hygric and thermal properties at material scale: Influence of plants add-ons. *Construction and Building Materials* 342, 127922. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.127922>

United Nations Environment Programme, & Global Alliance for Buildings and Construction (2025). Not just another brick in the wall: The solutions exist - Scaling them will build on progress and cut emissions fast. *Global Status Report for Buildings and Construction 2024/2025*. <https://doi.org/10.59117/20.500.11822/47214>

United Nations Environment Programme, & Global Alliance for Buildings and Construction (2024). Beyond foundations: Mainstreaming sustainable solutions to cut emissions from the buildings sector. 2023 *Global Status Report for Buildings and Construction*. <https://doi.org/10.59117/20.500.11822/45095>

Walter, L., Estevez, Y., Medjigbodo, G., Armougom, A., Roux, B., Lespinasse, L., Linguet, L., Nait-Rabah, O. (2024). Sustainable Poured Earth Construction Using Tropical Soil and Local Wood Residue Extracts, in: *Second RILEM International Conference on Earthen Construction, RILEM Bookseries. Edinburgh, United Kingdom*, 142–151. https://doi.org/10.1007/978-3-031-62690-6_15

Walter, L., Estevez, Y., Medjigbodo, G., Aubert, J.-E., Linguet, L., Nait-Rabah, O. (2024b). Influence of eco-friendly dispersants on the properties of a lateritic soil-based mortar. *Construction and Building Materials* 411, 134307. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.134307>

XP P13 901:2001-10. Blocs de terre comprimée pour murs et cloisons – Définitions – Spécifications – Méthodes d'essais – Conditions de réception, 2001.

Xu, L., Wong, K.K., Fabbri, A., Champiré, F., Branque, D. (2018). Loading-unloading shear behavior of rammed earth upon varying clay content and relative humidity conditions. *Soils and Foundations* 58, 1001–1015. <https://doi.org/10.1016/j.sandf.2018.05.005>