

CONTRIBUTION TO THE STUDY OF AN ECO-MATERIAL BASED ON EARTH STABILIZED BY VEGETABLE FIBERS AND ALOE-VÉRA JUICE

Z. Damene^{1*}, L. Chaoui², A. Chettih³

¹Civil engineering laboratory, Amar Teldji University of Laghouat, Algeria

²Architecture department; Amar Teldji University of Laghouat, Algeria

³Département d'architecture; Amar Teldji University of Laghouat, Algeria

Received: 21 February 2019 / Accepted: 27 December 2019 / Published online: 01 January 2020

ABSTRACT

This study falls within the framework of sustainable development, and is mainly interested in the renovation of the mileage technique formerly used by our ancestors, which is the Adobe. This durable and vulnerable material is a very interesting aspect to treat. In this context, a contribution for the study of an eco-material has been proposed. This is the land use stabilisée by adding vegetable fiber and the juice of aloe vera for making adobe block as eco-material more efficient and sustainable.

Several properties are studied and the results have shown the important advantage of adding aloe-vera as a stabilization technique and the addition of fiber to the physico-mechanical and the durability of the earth material (Adobe).

Keywords: eco-material; sustainable; Adobe; vegetable fiber; aloe-vera juice.

Damene Zineb, e-mail: z.damene@mail.com

doi: <http://dx.doi.org/10.4314/jfas.v12i1.20>

1. INTRODUCTION

La terre est une ressource naturelle largement disponible. Toutes les terres minérales qui contiennent de l'argile peuvent servir à la construction [1]. Accessible localement, la



terre ne nécessite aucun transport, aucune transformation ou cuisson coûteuses en énergie. Son entretien et les réparations sont aisés. En fin de vie, le bâtiment en adobe est détruit et la terre peut être réutilisée ou bien retourner au sol dont elle provient. Elle est donc recyclable et ne génère pas de déchets. Les murs en adobe régulent les écarts de température entre la nuit et le jour, ce qui permet de conserver une température agréable et constante. Cela est dû à l'inertie thermique, favorisée par la densité importante du matériau. Enfin grâce à leur capacité d'absorption et d'évaporation, les argiles régulent l'humidité de l'air. L'inertie de la terre amortit les variations de température favorisant un climat intérieur sain [2].

Le patrimoine architectural en adobe est présent sur tous les continents, aussi bien dans l'architecture vernaculaire que dans les bâtiments publics ou les édifices monumentaux. Plusieurs centres historiques sont bâtis en terres crues (adobes), comme Shibam au Yémen surnommé le Manhattan du désert et Ghadamès en Libye [3]. Il existe une multitude de recettes traditionnelles utilisant des composés organiques naturels pour stabiliser la terre crue comme matériau de construction. Ces ingrédients très divers, parfois semblables d'un continent à l'autre d'origine animale ou végétale, apportent à la terre une meilleure résistance à la fissuration lors du séchage, une meilleure résistance à l'eau de pluie ou à l'érosion, une meilleure résistance mécanique, ou encore ils peuvent en faciliter l'application par une texture plus souple ou une meilleure capacité d'adhésion [4]. Le tableau 1 ci-dessous regroupe quelques recettes traditionnelles utilisées dans diverses régions dans le monde.

Tableau 1. Recette traditionnelle de stabilisation de la terre à travers le monde

Stabilisant organique	Type	Pays	Exemple
Les Polysaccharides	Cellulose et lignine	japon	Papier washi fermenté
	Jus végétaux gélatineux	Pérou	Jus de Cactus fermenté
	Amidon	France	Fécule de pomme de terre
	Gommes naturelles	mali	Gomme arabique
Les Lipides	Huiles et graisses	mali	Beurre de karité
	Cires	France	Cire de carnauba
Les protéines	globulaires	Maroc	Blanc d'œuf
	fibreuses	France	Colle de peau
Autres molécules	tanins	Burkina	Gousses d'acacia
	résines	brésil	latex

Pour construire en terre de façon durable, il faut donc prendre des dispositions architecturales et constructives adaptées à ce matériau. À cet effet nous avons envisagé une stabilisation du matériau terre au moyen de fibres végétales et du gel de la plante d'aloë vera, très répandu dans notre région Laghouat. Nous allons exposer et discuter dans cet article les différents résultats des propriétés physico-mécanique et de durabilité du produit élaboré.

2. IDENTIFICATION DE LA MATIERE PREMIERE

Nous avons effectué les essais d'identification au laboratoire de recherche de génie civil de l'université de Laghouat.

2.1. La terre crue

La terre utilisée pour la fabrication de ce matériau provient de Tadjmout, région située à 50 km de la ville de Laghouat (prélevée des jardins pas loin du Oued). Elle se présente sous forme d'un sol de couleur marron.



Photo 1. Jardin de Tadjmout

Tableau 2. Caractéristiques physique de la terre de Tadjmout

Terre de Tadjmout	ρ_{abs} (g/cm ³)	W _l	W _p	I _p
	(2.65÷2.85)	28.11%	16.48%	11.63

2.2. La paille

La paille utilisée pour l'élaboration de notre matériau est la paille d'orge de Tiaret disponible dans notre région (Laghout), et présentée en forme de botte comme indiqué sur la photo 2 ci-dessous.



Photo 2. Botte de paille d'orge

Les caractéristiques sont récapitulées sur le tableau 3 ci-dessous.

Tableau 3. Caractéristiques physiques de la paille utilisée

Provenance de la paille	ρ_{abs} (g/cm ³)	ρ_{app} (g/cm ³)	Longueur des brins (cm)	Taux d'absorption (w%)
Tiaret	2.05	0.12	✓ 3÷6 (cm)	✓ 502
			✓ 0.5÷3 (cm)	✓ 634

2.3. Le gel d'aloé-vera

L'aloé Vera est une plante de la famille des Aloacées qui compte environ 300 espèces et de nombreuses variétés de plantes vivaces originaires d'Afrique. Elles poussent dans les régions arides et semis arides. Connu généralement pour leurs vertus médicinales, elles furent utilisé pendant des millénaires à travers les civilisations (sumérienne, chinoise, égyptiennes mésopotamienne hindou ...) [5].

Nous avons proposé d'utiliser le gel d'aloé vera comme moyen de stabilisation pour notre matériau terre car elle se trouve en abondance dans notre région (**Photo 3**), peu couteuse et c'est un matériau organique maniable et demande peu d'entretien.



Photo 3. Plante et gel d'aloé vera

Le gel contenu dans cette plante est une substance gélatineuse transparente visqueuse et flexible (voir photo) et elle peut se diluer dans l'eau facilement. Les caractéristiques de ce gel sont données dans le tableau ci-dessous.

Tableau 4. Teneur en eau et densité du gel

	app (kg/m^3)	Teneur en eau (w) %
Gel d'aloé vera	1.00	98.5

On remarque d'après le tableau 4 que le constituant principal du gel est l'eau.

La composition chimique est indiquée sur le tableau 5 ci-dessous.

Tableau 5. Composition chimique du gel [5]

Composants		Pourcentage% / valeurs mg.L-1
Les polysaccharides%		60%
Fraction protéique		9.6mg.g-1
Fraction lipidique %		2% ÷ 5%
Minéraux	Ca (mg.L-1)	313
	Mg (mg.L-1)	76
	Na (mg.L-1)	80
	K (mg.L-1)	379
	P (mg.L-1)	18
vitamines	B1 (mg.L-1)	18÷21
	B2 (mg.L-1)	18÷21
	C (mg.L-1)	140 ÷180
	B3 (mg.L-1)	90÷110
	B6 (mg.L-1)	9÷11
enzymes	Amylase (UI.L-1)	11000 ÷ 16000
	lipase (UI.L-1)	6000 000

3. PROTOCOLE DE PREPATION DU MATERIAU

Une fois ramenée de son site au laboratoire, la terre est séchée à l'air libre du laboratoire, pour être écrasé à la main et tamisé par la suite au tamis de diamètre 2mm. Les fibres découpées aux longueurs désirées (6 cm) sont stockées dans des sacs en attendant leur utilisation. Une fois le gel extrait des feuilles, il est placé dans un bocal hermétique en attendant son utilisation.

Pour le malaxage, la terre est mise en tas dans une grande bassine, la quantité d'eau nécessaire pour le malaxage est versée, on laisse par la suite cette terre imbibée en la couvrant d'un film plastique. Une fois la terre imbibée, on procède au malaxage avec les pieds (le port de bottes en caoutchoucs s'impose) jusqu'à l'obtention d'une pate homogène. On ajoute la quantité de paille désirée en pluie afin d'assurer une bonne distribution tout en continuant le malaxage aux pieds jusqu'à l'homogénéisation du composite. Des moules sont alors remplis pour la confection des éprouvettes d'essais.

On a procédé à la préparation de deux mélanges :

- ✓ Le mélange terre + les fibres (TP)

- ✓ Le mélange terre + fibres + le gel d'aloé-vera (**TPA**) : le malaxage de se mélange s'effectue de la même façon que le premier a l'exception d'ajouter le gel d'aloé-vera à l'eau de gâchage.

4. RESULTS AND DISCUSSION

4.1. Retrait volumique

Les mesures des dimensions des éprouvettes dans les 3 directions (volume) ont été prises à des intervalles de temps régulier du 1^{er} jour au 28^{ème} jour de durcissement des échantillons. La variation dimensionnelle a été obtenue suivant la formule :

$$R(\%) = \frac{\text{dimension final} - \text{dimension initiale}}{\text{dimension initiale}} \times 100$$

Les résultats obtenus sont tracés sur le graphe de la figure 1 en fonction du temps en jours.

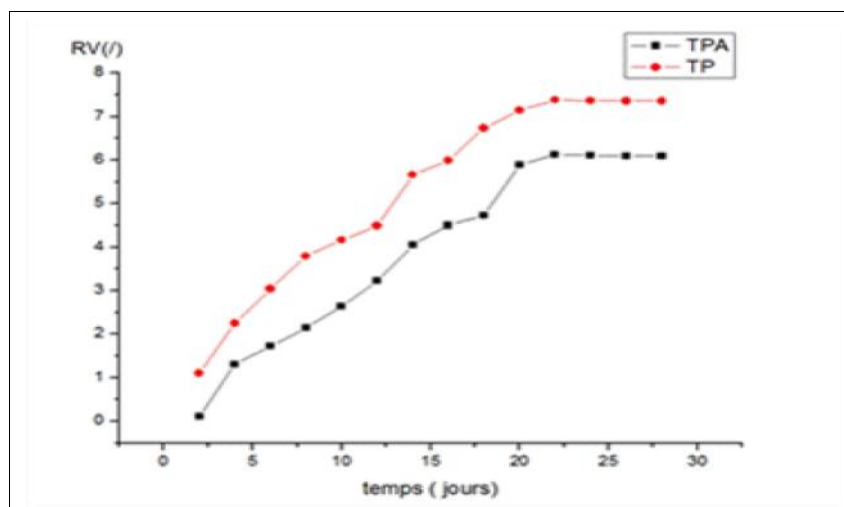


Fig.1. Retrait volumique des matériaux **TP** et **TPA** en fonction du temps

On remarque une évolution du retrait jusqu'au 20^{ème} jour pour les 2 mélanges (**TP**) et (**TPA**) et après ce jour le retrait tend à se stabiliser. On note aussi une diminution du retrait dans le matériau **TPA** par rapport au matériau **TP**. Donc le gel d'aloé-vera possède un effet bénéfique pour la diminution du phénomène du retrait responsable de la fissuration du matériau terre.

En plus la durée de séchage des éprouvettes (**TP**) est plus rapide que celle (**TPA**), ce qui permet de conclure que les fibres de paille accélère le séchage des échantillons (évaporation d'eau) grâce aux canaux d'air existant dans les fibres contrairement au gel d'aloé vera qui

grâce à sa viscosité atténué le phénomène d'évaporation.

4.1. Résistances mécaniques

Les résultats obtenus sont reportés sur la figure 2. Ils montrent bien une évolution en fonctions du temps et une augmentation dû à l'introduction du gel d'aloé-vera.

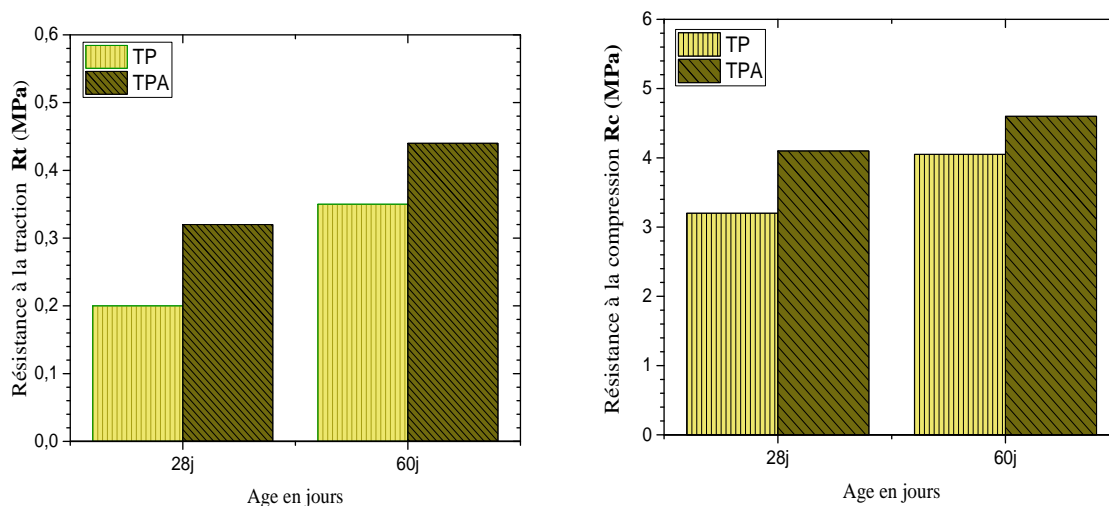


Fig.2. Effet du gel d'aloé-vera sur le comportement mécanique du matériau terre.

Une augmentation d'environ 38% pour la résistance à la traction et 20% pour la résistance à la compression en faveur du matériau **TPA** par rapport au matériau **TP**. Ceci montre que le gel d'aloé vera possède une influence positive sur le comportement mécanique du matériau terre paillée.

4.2. Essai d'absorption capillaire

L'évolution de la masse d'eau absorbée par unité de surface en fonction de la racine carrée du temps est représentée sur la figure 3 et les valeurs du coefficient d'absorptivité S_w , sont indiquées sur l'histogramme de la figure 4.

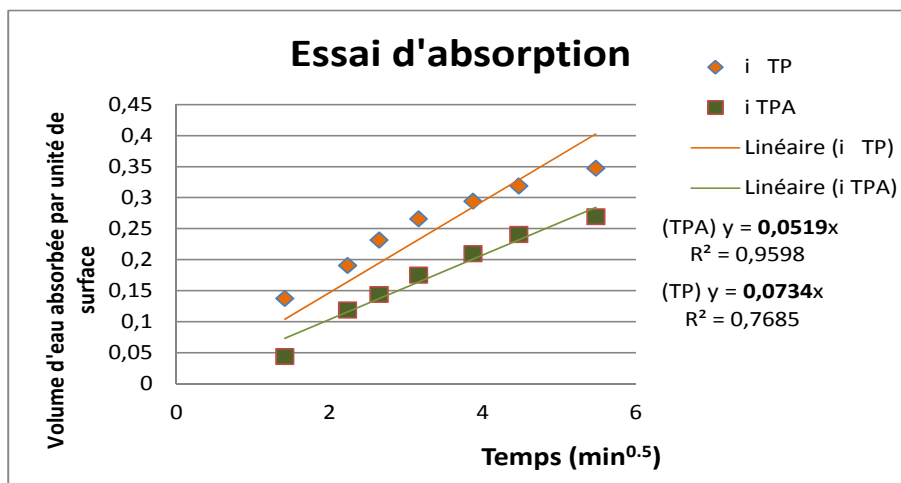


Fig.3. Évolution de la masse d'eau absorbée par unité de surface en fonction de la racine carrée du temps

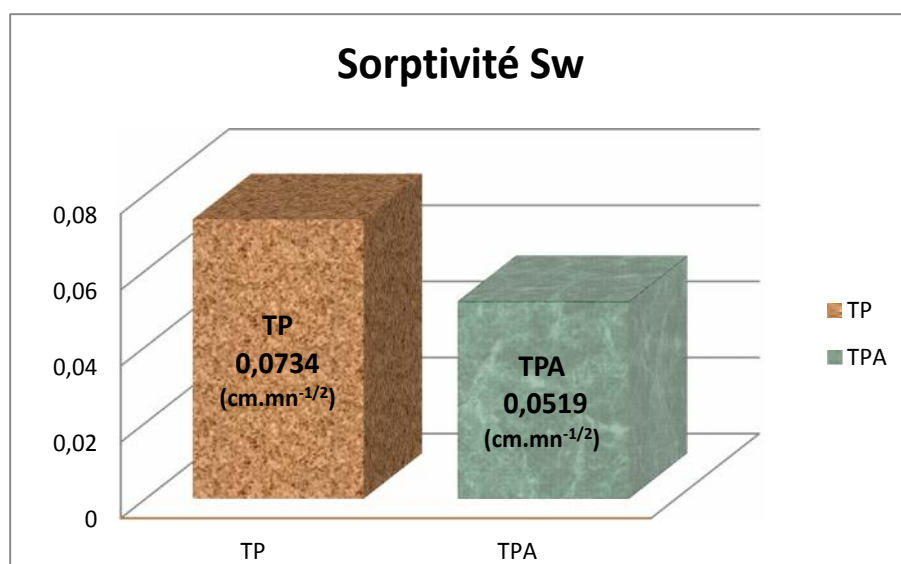


Fig.4. Sorptivités des matériaux **TP** et **TPA** équivalentes aux coefficients d'absorption capillaire

Plus le matériau est poreux, plus l'absorption d'eau diminue, donc l'essai de l'absorption par capillarité reflète l'influence de certains paramètres de la structure poreuse du matériau. Il est bien clair d'après la courbe et l'historgramme de la figure 4 ci-dessus que l'introduction du gel d'aloë vera au mélange terre paillée diminue l'absorption capillaire par son influence sur la porosité du matériau. La sorptivité diminue lorsqu'on ajoute le gel d'aloë vera, donc le matériau TPA, absorbe moins d'eau que le matériau TP.

Le tableau ci-dessous regroupe quelques résultats de sorptivité en fonction de la densité de quelques matériaux de travaux de recherche.

Tableau 6. Sorptivités de quelques matériaux en fonction de la densité [6]

Matériau	Densité	Sorptivité (mm.mn ^{-1/2})
Béton cellulaire autoclavé Purzak J et al. (1992)	0.390	0.287
	0.500	0.465
	0.650	0.503
Brique argileuse Purzak J et al. (1992)	1.700	1.239
Béton Purzak J et al. (1992)	2.300	0.929
Béton argileux cellulaire Goual M.S., (2000)	1.038	1.835
	0.953	1.673
	0.843	1.456
Béton Minitaité R, (2004)	2.18	1.66
Brique de céramique Minitaité R, (2004)	1.91	0.62
Bois de pin Minitaité R, (2004)	0.385	0.090
Terre paillée TP	1269	0,734
Terre paillée + gel d'Aloeverra TPA	1326	0.519

En comparant ces valeurs, on remarque que les matériaux **TP** et **TPA** possèdent une faible absorptivité par rapport aux briques argileuse et céramique et s'approche de celle des bétons légers cellulaires.

5. CONCLUSION

De par son abondance, son faible coût et sa relative facilité de mise en œuvre ; la terre reste l'un des matériaux les plus utilisés pour la construction d'habitations. Si elle possède un bon nombre de qualités pour cet usage, elle a, par contre, le redoutable inconvénient de présenter une faible durabilité sous l'action des intempéries. Pour construire en terre de façon durable, il faut donc prendre des dispositions architecturales et constructives adaptées à ce matériau. À cet effet notre recherche c'est intéressée à la stabilisation du matériau au moyen du gel de la plante d'aloé-verra et des fibres de pailles très répandus dans notre région dans l'objectif d'étudier la durabilité de ce matériau.

Les résultats trouvés ont porté non seulement une amélioration des propriétés mécaniques (l'augmentation de la résistance à la traction d'environ 45%), mais également une nette réduction du phénomène de retrait ; ainsi qu'une importante diminution de la porosité expliquée par la faible sorptivité trouvée expérimentalement. Enfin, l'utilisation des matières organiques comme la fibre de paille ou le gel d'aloë-vera s'avère une alternative intéressante pour la fabrication de matériau écologique et durables.

6. REFERENCES

- [1] Guillaud H et Houben H; « Traité de construction en terre », Encyclopédie de la construction en terre. Ed 2006.
- [2] Morel, J. C., Mesbah, A., Oggero, M., and Walker; « Building houses with local materials: means to drastically reduce the environmental impact of construction ». Building and Environment, P 2001.
- [3] Paulus J ; « Construction En Terre Crue dispositions Qualitatives, Constructives Et Architecturales Application à un cas pratique : Ouagadougou ». Université de Liège – Faculté des Sciences Appliquées Travail de fin d'études réalisé en vue de l'obtention du grade de Master en Ingénieur Civil Architecte, 2014/2015.
- [4] Vissac A, Fontaine L, Anger R , Bourgès A et Gandreau D ; « Stabilisation de la terre avec des molécules naturelles »; amàco-Les Grands Ateliers/CRAterre/AE&CC/ENSA Grenoble, France
- [5] Morin E; « Aloe vera (L) Burm.f. : Aspects pharmacologique et cliniques » pour le diplôme d'état de docteur en pharmacie, Thèse de doctorat, 2008, université de Nante, France
- [6] DAMENE Z; « Valorisation des sables de dunes de la région de Laghouat : Étude de béton cellulaire à base de sable de dune, chaux ciment et poudre d'aluminium » ; Thèse Doctorat d'état en Sciences en génie civil, Université Amar Telidji à Laghouat 2017.

How to cite this article:

Damene Z, Chaoui L, Chettih A. Contribution to the study of an eco-material based on earth stabilized by vegetable fibers and aloë-véra juice. J. Fundam. Appl. Sci., 2020, 12(1), 318-328.