

# Caractéristique mécanique de deux sandwichs différents constitués par des matériaux bio-sources

1<sup>st</sup> Hocine DJEMAI, 2<sup>nd</sup> Mabrouk HECINI, 3<sup>rd</sup> Tarek DJOUDI and 4<sup>th</sup> Youcef DJEBLOUN

1<sup>st</sup> and 4<sup>th</sup> Laboratoire de Génie Energétique et Matériaux (LGEM)

Université de Biskra B.P.145R.P.07000, Biskra, Algérie

2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> Laboratoire de Génie Mécanique (LGM)

Université de Biskra B.P.145R.P.07000, Biskra, Algérie

.....  
Corresponding Author: [djemaihocine45@yahoo.com](mailto:djemaihocine45@yahoo.com)

**Résumé :** Ce travail présente une étude expérimentale du comportement mécanique de deux sandwichs utilisés dans plusieurs domaines. Ces sandwichs sont constitués par deux différents matériaux bio-sources (palmier dattier et liège). Ces matériaux sont constitués par des fibres de rachis et d'époxy dans les peaux et le liège aggloméré et le pétiole brut dans le cœur.

La comparaison entre ces sandwichs est basée sur la rigidité globale qui déterminée par l'essai de flexion trois points.

Les résultats obtenus montre que la rigidité globale du sandwich constituée de fibre de rachis- époxy dans les peaux et liège aggloméré dans le cœur est plus élevée qu'elle du sandwich constituée des fibres de rachis- époxy dans les peaux et pétiole brut dans le cœur.

**Mots Clés :** liège aggloméré, fibre de rachis-Epoxy, Pétiole et rigidité globale.

## I. INTRODUCTION

Les matériaux composites sont apparus depuis les années du 20ème siècle, c'est un autre type de matériau qui a rapidement concurrencé les métaux dans plusieurs domaines d'applications.

Les matériaux composites à matrice polymère sont constitués d'un renfort sous forme des fibres et d'une matrice polymérique. Leur assemblage donne un matériau dont les propriétés sont meilleures à celles de chacun des composants. Ils sont de plus en plus utilisés, surtout dans l'aéronautique où ils offrent de nombreux avantages. Tout d'abord, leur fabrication permet d'offrir des solutions de conception nécessitant moins de pièces qu'une solution métallique.

Le principal avantage de ces matériaux est la possibilité de choisir la formulation de résine ou les renforts en fonction de la situation dans laquelle la pièce se trouvera lors de son utilisation [1].

L'utilisation des structures sandwiches dans les domaines d'application de l'aéronautique et la construction civile a été augmentée, notamment en raison de leur très faible poids qui conduit à une réduction dans le poids total et une grande rigidité en flexion ; en cisaillement et une résistance à la corrosion [1,2]. Ces matériaux sont capables d'absorber une grande quantité d'énergie sous des charges d'impact, ce qui entraîne une haute résistance aux chocs structurels.

D'une façon simple; la structure sandwich est une forme spéciale du stratifiés, qui composée de deux peaux mince et un cœur épais légère entre eux. Une structure sandwich

offrira des différentes propriétés mécaniques avec l'utilisation de différents types de matériaux car la performance globale des structures sandwiches dépend des propriétés des constituants [3].

Le but de cette étude est élaborations et caractérisations des structures sandwiches et des peaux à base des bio sources (palmier dattier et le liège).

Dans ce travail on présente les matériaux et les techniques expérimentaux considérés, qui consistent à étudier des sandwichs élaboré au niveau du département de génie mécanique à l'université de Biskra. Ce travail est partagé à deux grandes parties:

- Première partie indique les matériaux de base utilisés et les procédés d'élaboration de ces matériaux composites et les structures sandwiches.
- Deuxième partie est consacré aux essais de flexion trois points pour déterminer la rigidité globale dans les deux types des sandwichs élaboré.

## II MATERIAUX UTILISE :

Les plaques sandwiches proposées sont constituées par des fibres de rachis et d'époxy dans les peaux d'épaisseur 3mm et par le liège aggloméré et le pétiole brut dans les cœurs d'épaisseur 15 mm

### A. Peaux

Les peaux utilisés dans les sandwichs sont constituées par des fibres de rachis (palmier dattier type Deglet Nour) et de résine d'époxy de type Scapa.

Le rachis est un élément de la palme. Elle l'est constituée aussi par le pétiole, les épines et les folioles (figure 1).

L'extraction des fibres de rachis a été effectuée selon la technique de rouissage.

On récolte les folioles manuellement, ensuite on découpe le rachis en morceaux de 10 -20 cm de longueur, ensuite on laisse ces morceaux dans l'eau distillée pendant 10 jours pour séparer Ces fibres de rachis facilement.

Les fibres longues obtenues sont soumises à un premier lavage à l'eau distillée puis un séchage naturel. Quatre étapes pour obtenir des fibres de rachis à l'état final(fibres courtes): Broyage, Tamisage, nettoyage et séchage qui sont résumés dans le protocole suivant (Figure 2).

La résine utilisée est une matrice thermodurcissable (Époxy Résine Scapa Polymériques 41). Elle est utilisée pour l'isolation dans les câbles électriques.

Elle est composée de deux liquides de mélange, une résine époxyde et un durcisseur. La couleur du mélange est ambré. Sa densité est de 1.03 g/cm<sup>3</sup>. La préparation de la résine s'effectue à une température ambiante d'environ à 30°C pendant 5 minutes (Figure.3).

Le matériau composite qui constitué par les fibres courtes de rachis et la résine d'époxy (Scapa) est réalisé par imprégnation entre les deux constituants. Avant le mélange, on a préparé un moule de forme rectangulaire à partir du ruban adhésif utilisé dans les portes des chambres de refroidissement. Ce moule est d'une épaisseur 3mm, longueur 180 mm et largeur 130 mm, puis on suit ces étapes pour élaborer les composites (Fibre de rachis -époxy).

Pour élaborer le composite (Fibre de rachis- résine d'époxy), on suit ces étapes :

Peser 10 g des fibres de rachis et 90 g de résine d'époxy (Scapa), puis mélanger les deux produits (fibre et résine) entre eux bien comme il faut, ensuite remplir le moule par le mélange résultant. Après le remplissage du mélange dans le moule, on laissé ce dernier pendant 24 heure à une température ambiante pour sécher, enfin démouler la plaque résultante (Figure 4).

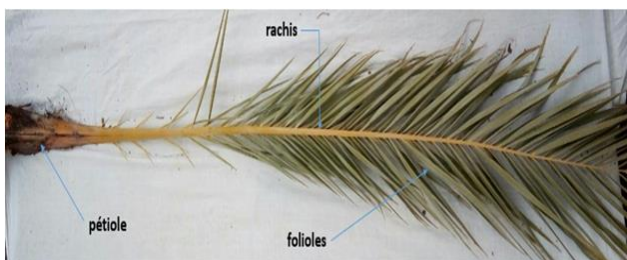


Fig. 1. Composent de palme

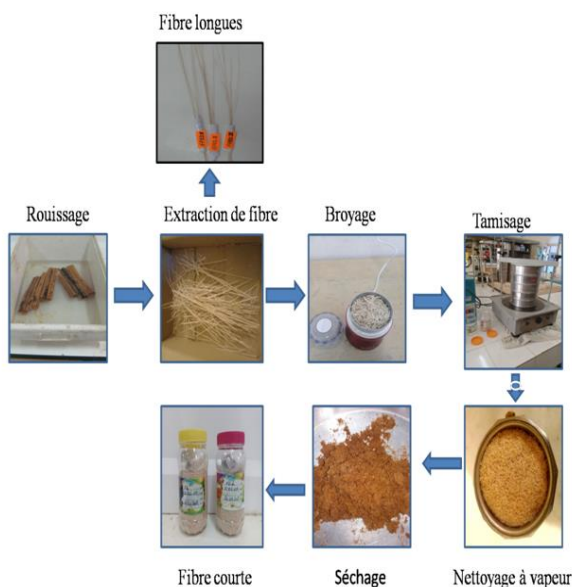


Fig. 2. Protocole de préparation des fibres

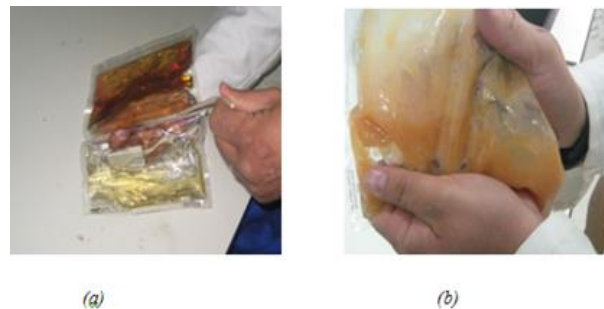


Fig. 3. Préparations de la Résine, (a) avant le mélange, (b) après le mélange

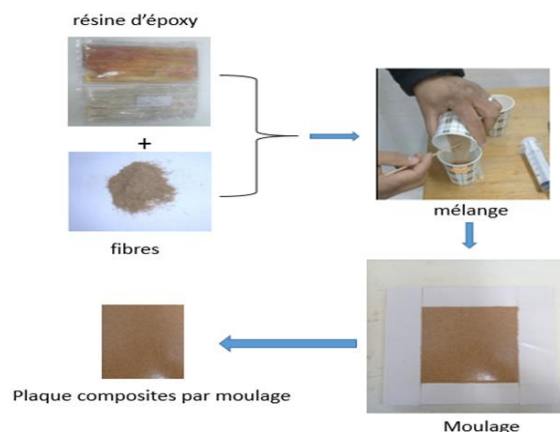


Fig. 4. Schéma simplifié des étapes de préparation de composite fibre de rachis - époxy

### B. Coeur

Dans le cadre de cette étude, les matériaux utilisés dans l'élaboration des cœurs sont deux types: le Liège aggloméré et le Pétiole brute (palmier dattier)

Le liège naturel utilisé a été récolté dans les forêts de Jijel (Algérie) et a été traité en liège aggloméré dans l'entreprise nationale des lièges dénommée Taléza lièges situé à Skikda à l'est de l'Algérie. Les granules du liège naturel a été assemblé avec la résine de polyuréthane pour élaborer le liège aggloméré [4]. Cette entreprise produit des panneaux de liège aggloméré blanc de moyenne densité (granulé 1 à 2 mm, 2 à 3 mm et 3 à 5 mm) et de basse densité (granulé 4 à 16 mm) Figure 5.[5]

Le pétiole est la première partie de la palme. On a découpé des morceaux de 22 cm de longueur et 7cm de largeur. Il est composé essentiellement des trois éléments avec des pourcentages différents, le Cellulose, Hémicellulose et avec plus de Lignine, ensuite on raboter ces morceaux avec une raboteuse de menuisier pour donner des surfaces presque lisses (Figure 6). Enfin on découper par un disque de bois des éprouvettes de forme rectangulaire (140x20x15 mm) pour utiliser comme des cœurs dans les sandwiches.[6]

## III ELABORATION DES SANDWICHS

La mise en œuvre des sandwiches est réalisée au sein du hall technique de département de génie mécanique à l'université de Biskra par collage.

Cette étude est effectuée par deux types du sandwich:

- Sandwich **SLG** est défini par deux peaux en fibre de rachis et résine d'époxy d'épaisseur 3 mm avec un cœur en Liège aggloméré d'épaisseur 15 mm.
- Sandwich **SPB** est défini par deux peaux en fibre de rachis et résine d'époxy d'épaisseur 3 mm avec un cœur en Pétiole brut d'épaisseur 15 mm.

Pour élaborer les sandwichs (SLG, SPB), on suit ces étapes :

- Découper par un disque de bois des éprouvettes du liège aggloméré et du pétiole brut sous forme rectangulaire (140x20x15 mm) pour utiliser comme des cœurs.
- Préparation des peaux dans un moule par la méthode déjà expliquée avant par le mélange des fibres de rachis et la résine d'époxy.
- Mettre les éprouvettes du cœur (liège aggloméré et pétiole brut) sur le moule juste après le remplissage du mélange.
- Laisser l'ensemble pour sécher pendant 24 heures à une température ambiante presque 30°.
- Découper les chutes des éprouvettes résultantes par un disque diamant pour obtenir des sandwichs avec une seule peau.
- Préparer deuxième plaque dans le moule pour effectuer dans les sandwichs comme deuxième peau.
- Mettre les éprouvettes précédentes dans le moule toujours juste après le remplissage du mélange.
- Laisser l'ensemble pour sécher pendant 24 heures à la même température 30°.
- Découper les chutes et on résulte des éprouvettes du sandwich à deux types SLG et SPB.

La figure.7 présente le Protocole comment préparer les sandwichs SLG et SPB



Fig. 5. Liège aggloméré de moyenne densité [1]



Fig. 6. Pétiole brut [6]

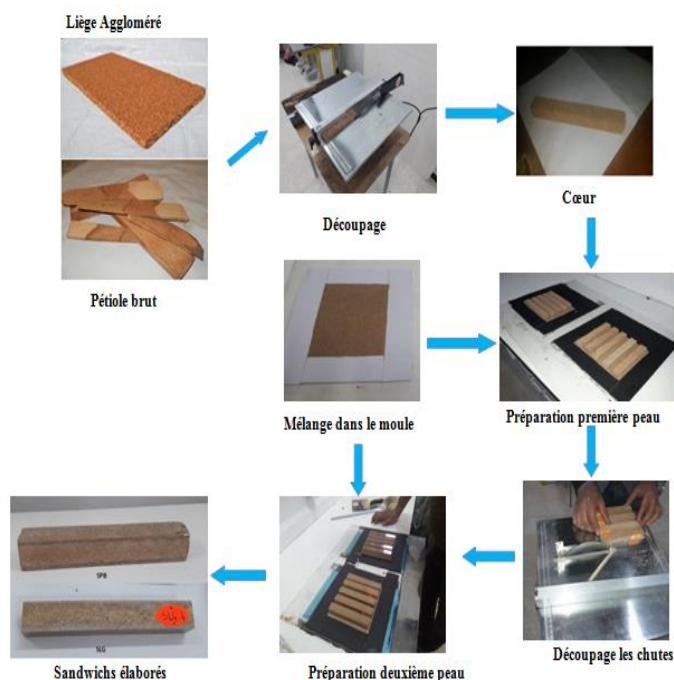


Fig. 7. Protocole de préparation des sandwichs SLG et SPB.

#### IV CARACTERISATION MECANIQUES

Dans cette étude les essais de flexion trois points sont effectués sur deux types de sandwichs (SLG et SPB).

##### A Essais de flexion trois points des sandwichs

Ces essais permettent de déterminer la rigidité globale dans les deux sandwichs élaborés (SLG et SPB).

On considère une plaque sandwich de largeur (b) et longueur (l), comprenant deux peaux d'épaisseur identiques  $t_f$  et d'un cœur d'épaisseur  $t_c$ . (Figure.8)

Ces essais ont été menés sur des éprouvettes de sandwichs (140x20 mm<sup>2</sup>) selon les normes NF EN ISO 178 et ASTM C393-62, [7, 8,9].

Ils ont été effectués en appliquant la charge dans la direction perpendiculaire à la peau supérieure de l'éprouvette. Cette éprouvette a été placée sur deux supports à distance 80 mm l'une de l'autre (figure 9). Ils ont été effectués avec une vitesse d'essai de 1 mm/min sur une machine universelle

type INSTRON modèle 5969 de capacité 5 kN, avec pilotage et acquisition des données par le logiciel Bluhill3. Trois éprouvettes utilisées dans chaque type du sandwich pour déterminer la rigidité globale.

### V RESULTAS ET DISCUSSION

Les caractéristiques mécaniques ont été calculées à partir les courbes charge-déplacement. Des deux types du sandwich sollicités par flexion trois points.

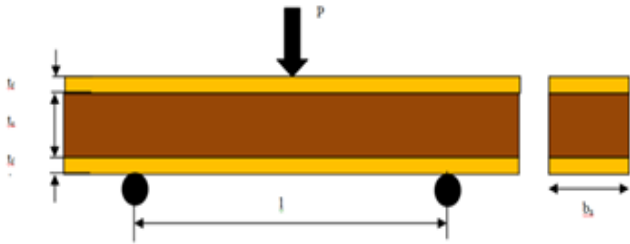


Fig. 8. Dimensions géométriques d'une plaque sandwich sollicitée par flexion trois points

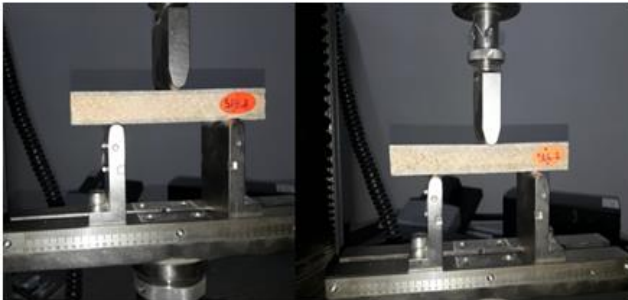


Fig.9. Deux types de sandwich sollicités par flexion trois point : (a) Sandwich (SPB), (b) Sandwich (SLG)

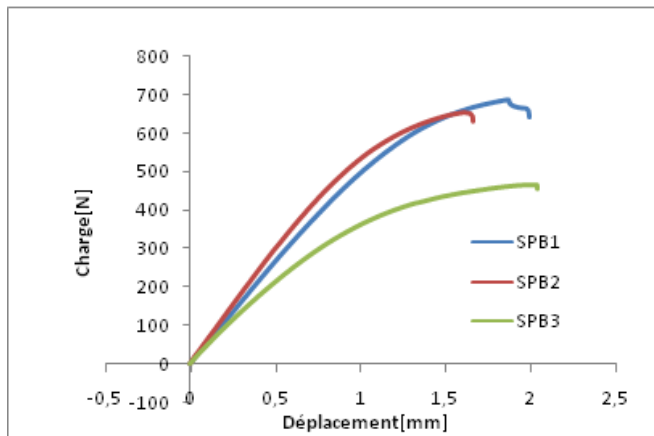


Fig. 10. Courbes de Charge-Déplacement des sandwiches SPB sollicités par flexion trois points

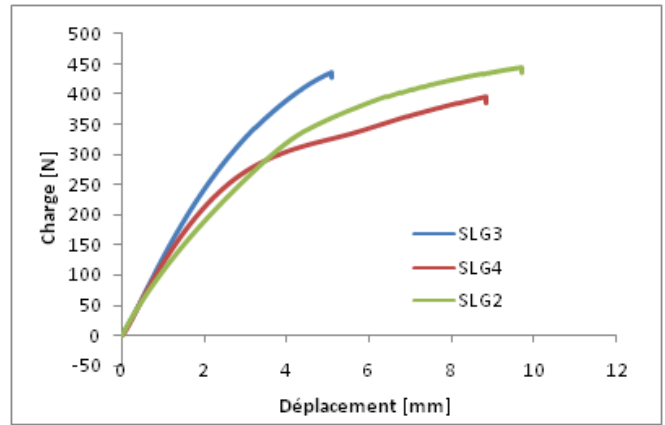


Fig.11. Courbes de Charge-Déplacement des sandwiches SLG sollicités par flexion trois points

Les figures 10 et 11 présentent l'évolution de la charge appliquée en fonction de la flèche prise au milieu de la poutre, pour deux types de éprouvette sollicités en flexion trois points, le comportement en flexion est similaire et peut se décomposer en trois phases principales, à savoir :

La première phase correspond à une petite augmentation linéaire de la charge appliquée avec le déplacement. Dans cette phase on peut calculer la rigidité globale suit ces formule:

La flèche élastique peut être exprimée par la formule suivante [10]:

$$\delta = \frac{Pl^3}{48D_0} + \frac{Pl}{4S} \quad (1)$$

$$\delta = \left[ \frac{l^3}{48D_0} + \frac{l}{4S} \right] P \quad (2)$$

$$\delta = [F_G]P \text{ où } P = [D_G]\delta \text{ avec } D_G = \frac{1}{F_G}$$

$F_G$  est la souplesse globale du sandwich, et  $D_G$  est la rigidité globale

La rigidité globale  $D_G$  est déterminée expérimentalement par l'essai de flexion trois points, où  $D_G$  est la pente de la courbe charge-déplacement. L'équation de la flèche est valable uniquement pour le début des essais de flexion lorsque la flèche est relativement petite. [2].

- La deuxième phase de comportement non linéaire, dans laquelle la charge maximale est atteinte
- La troisième et dernière phase où l'on observe une diminution de la charge appliquée jusqu'à la rupture totale de l'éprouvette.

Le tableau 1 présente les valeurs de la rigidité globale dans les deux types du sandwich.

**TABLEAU I** les valeurs de la rigidité globale dans les sandwichs SLG et SPB.

Sandwich SPB		Sandwich SLG	
Eprouvette	D <sub>G</sub> [N.mm <sup>2</sup> ]	Eprouvette	D <sub>G</sub> [N.mm <sup>2</sup> ]
SPB1	541	SLG2	135,65
SPB2	628,69	SLG3	119,34
SPB3	481	SLG4	132
D <sub>G</sub> Moyenne	550,23	D <sub>G</sub> Moyenne	128,99
Ecart type	74,27	Ecart type	8,56
CV%	13,49	CV%	6,63

On n'observe que la valeur moyenne de la rigidité globale dans les sandwichs SPB (Fibre de rachis –résine d'époxy/pétiole brut) plus élevée que dans les sandwichs SLG (Fibre de rachis –résine d'époxy/Liège aggloméré).

### CONCLUSION

Les travaux de recherche présentés dans ce travail concernent l'étude expérimentale du comportement mécanique en statique des structures sandwiches. Ces matériaux ont été élaborés dans le hall technologique du département de mécanique à l'université de Biskra. Ils sont constitués par des fibres de rachis et résine d'époxy dans les peaux et par le liège aggloméré et pétiole brut (palmier dattier) dans le cœur. L'étude comporte un volet expérimental.

L'étude expérimentale consistait en premier lieu d'élaborer deux types de sandwich qui sont constitué par les plaques composites (fibre de rachis – résine d'époxy) comme des peaux et le liège aggloméré et le pétiole brut comme des cœurs. Ces matériaux sont élaborés pour déterminer leurs caractéristiques mécaniques (la rigidité globales) dans les deux types du sandwich.

les deux types du sandwich qui ont été élaborés sont:

- Sandwich **SLG** est défini par deux peaux en fibre de rachis et résine d'époxy d'épaisseur 3 mm avec un cœur en Liège aggloméré d'épaisseur 15 mm.

- Sandwich **SPB** est défini par deux peaux en fibre de rachis et résine d'époxy d'épaisseur 3 mm avec un cœur en pétiole brut d'épaisseur 15 mm.

A travers l'étude expérimentale, on peut tirer les conclusions suivantes :

On n'observe que la valeur moyenne de la rigidité globale dans les sandwichs SPB (Fibre de rachis –résine d'époxy/pétiole brut) plus élevée que dans les sandwichs SLG (Fibre de rachis –résine d'époxy/Liège aggloméré).

### REFERENCES

- [1] H. Djemai « Contribution à l'étude de l'endommagement dans les matériaux composites sandwichs », Thèse de Doctorat université mohamed khider–biskra 2017
- [2] Sezgin FE, "Mechanical behavior and molding of honeycomb laminated fiber/polymer sandwich structures", *These de doctorat, Université Urla-Izmir, Turkey*. 2008
- [3] Turgut. T "Manufacturing and Structural Analysis of a Lightweight Sandwich Composite UAV Wing", *Thesis of MS, Middle East Technical University*. Launay S, Sartre V, Bonjour J. Parametric analysis of loop heat pipe operation: a literature review. *Int J Ther Sci* 2007;46:621–36.
- [4] Lakreb N., Bezzazi B., Pereira H., "Mechanical behavior of multilayered sandwich panels of wood veneer and a core of cork agglomerates", *Materials and Design*, 65: 627–636. 2015
- [5] Hacheman B, "Analyse expérimentale du comportement mécanique d'un matériau composite soumis à des sollicitations d'impacts", *Thèse doctorat de l'université Boumerdes*. 2013
- [6] T. Djoudi, M. Hecini, D. Scida, Y. Djebblon et H. Djemai « Caractérisation Mécanique Du Bois Issus D'une PalmeMûre De Palmier Dattier. »1ère Conférence Euro Maghrébine Des Bio Composites mars 28-31. Marrakech. 2016.
- [7] NF EN., 2005, Plastics determination of flexural properties amendment, ISO 178/A1
- [8] Y. Djebbloun, M. Hecini, T. Djoudi et B. Guerira «Experimental determination of elastic modulus of elasticity and Poisson's coefficient of date palm tree fiber» *Journal of Natural Fibers*. 2018
- [9] ASTM., Standard test method for flexural properties of flat sandwich constructions. C392-62. 1988
- [10] H.Djemai, M. Hecini et A. Labed 2016 « On the Characterization of Sandwich Panels for Solar Flat Plate Collectors' Application: Theoretical and Experimental Investigation » *J. Appl. Eng. Sci. Technol.* (2016) 2(1):15-22.